ويليام بينوم

مختصر تاريخ العلم



ترجمة: أحمد الزبيدي







ويليام بينوم

مختصر تاريخ العلم

العلم شيء رائع أنه يحدثنا عن الفضاء الذي لا تحده حدود ونتعرف من خلاله على أصغر وحدة حية موجودة داخل الجسم البشري لقد تمحور تاريخ العلوم في كوكبنا بصورة دائمة على فهم العالم وكيفية تسخير قواه لصالح البشرية وكان ذلك هدف العلماء ابتداءً من الفلاسفة اليونانيين القدماء مروراً بآينشتاين وواتسون وانتهاء بعلماء وقتنا الحاضر من الرجال والنساء الذين باتوا يعملون بمساعدة الكمبيوتر الذي مكنهم من القيام بحسابات وتجارب مختبرية مدهشة وجعلهم يتوصلون أحياناً إلى اكتشافات هزت الكون تماماً وجعلت الناس يفهمون العالم أو أنفسهم بطريقة جديدة تماماً.

كل ذلك كان حافزاً لان يروي أحدهم قصة مغامرات العلم العظيمة هذه. وهكذا يأخذ كتاب مختصر تاريخ العلم القراء إلى النجوم عبر التلسكوبات ويشرح كيف حلت الشمس محل الأرض في مركز الكون ويغوص إلى أعماق كوكب الأرض ويتتبع مسار تطور الجدول الدوري للعناصر الكيميائية ويعرض لنا منجزات علم الفيزياء الذي يفسر جاذبية الكهربائية وبنية الذرة ويسرد لنا مراحل البحث العلمي التي قادت إلى اكتشاف جزيئة الحمض النووي والذي فتح آفاقاً جديدة غير مسبوقة لاستجلاء حقيقة الكائن البشري.

يتتبع كتاب مختصر تاريخ العلم سيرة حياة عدد كبير من العلماء المعروفين والمغمورين المليئة بالقصص المدهشة إضافة إلى أنه يحتوي على الرسوم التوضيحية المبهجة ويمتاز بالأسلوب الدافئ الذي يشد القارئ إليه بسهولة، انه كتاب للصغار والكبار لا يقدر بثمن.

مختصر تاريخ العلم

إلى أليكس وبيتر

ويليام بينوم

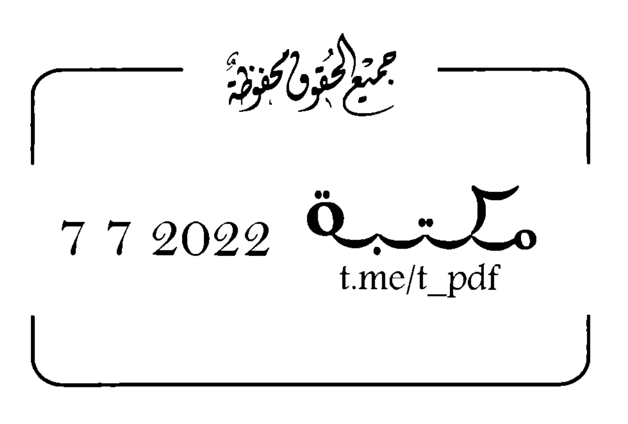
مختصر تاريخ العلم

مكتبة | 872
سُر مَن قرأ

ترجمة
أحمد الزبيدي







اسم الكتاب: مختصر تاريخ العلم

اسم المؤلف: ويليام بينوم

ترجمة: أحمد الزبيدي

الطبعة الأولى 1440هـ/ 2018م

عدد الصفحات: 416 صفحة

الناشر: دار الكتب العلمية للطباعة والنشر والتوزيع. العراق - بغداد

الرقم الدولي: ISBN: 978-9922-601-68-7



العراق - بغداد - المنصور
darmanairaq@gmail.com



العراق - بغداد - شارع المتنبي
07819141219 | 07702931543
darktbalmya@yahoo.com

المحتويات

الفصل الأول





البداية

يتميز العلم بخصوصيته. وهو من أفضل الوسائل التي نملكها لمعرفة العالم وكل ما موجود فيه - ولمعرفة أنفسنا أيضًا.

منذ آلاف السنين والناس يطرحون الأسئلة حول ما يدور من حولهم، تغيرت الأجوبة التي توصلوا إليها كثيرًا. وهذا هو جوهر العلم. لأن العلم بحد ذاته موضوع ديناميكي ومتغير، مبني على الأفكار والاكتشافات التي تنتقل من جيل إلى جيل، يضاف لها القفزات الهائلة إلى الأمام التي تتحقق عند حدوث اكتشافات جديدة تمامًا. الشيء الذي يبقى ثابتًا لا يتغير عند المشتغلين في حقل العلم هو الفضول والخيال والذكاء. ربما نمتلك اليوم الكثير من المعلومات، لكن الأشخاص الذين درسوا عالمهم بعمق قبل ثلاثة آلاف سنة كانوا أذكياء مثلنا.

لا يقتصر الحديث في هذا الكتاب عن المجاهر (المايكروسكوبات) وأنابيب الاختبار الموجودة في المختبرات فقط، رغم أن هذا ما يخطر على بال الكثيرين عندما يأتي ذكر العلم. لقد استخدم العلم على مدار معظم تاريخ البشرية، إلى جانب السحر والدين والتكنولوجيا لمحاولة فهم العالم والسيطرة عليه. قد يكون العلم أمرًا بسيطًا مثل مراقبة شروق الشمس كل صباح، أو معقدًا مثل اكتشاف عنصر كيميائي جديد. وقد يتطلع الساحر إلى النجوم كي يتنبأ بالمستقبل، أو ربما الابتعاد عن مسار القط الأسود هو ما نسميه خرافة. وقد يدفعك الدين إلى التضحية بحيوان ما قربانًا لإرضاء الآلهة أو يجعلك تصلي من أجل أنْ يحل السلام في العالم. وقد تعني التكنولوجيا معرفة كيفية إشعال النار أو صنع كمبيوتر جديد.

تمّ استخدام العلم والسحر والدين والتكنولوجيا من قبل أولى المجتمعات البشرية التي استقرت في وديان الأنهار في الهند والصين والشرق الأوسط. كانت وديان الأنهار تمثل أراضٍ خصبة، مما يسمح بزراعة المحاصيل كل عام، التي كانت تكفي لإطعام أعداد كبيرة من الناس. وهذا الأمر وفّر الوقت الكافي لبعض الناس في هذه المجتمعات للتركيز على شيء واحد، وهوأنْ يقوموا بإجراء التجارب ويتدربوا عليها ويعملوا على نتائجها، ويصبحوا خبراء في هذا المجال. ربما كانت أول فئة من (العلماء) (على الرغم من أنه لم يكن يطلق عليهم هذا الاسم في ذلك الوقت) هم الكهنة.

في البداية، كانت التكنولوجيا التي تعني معرفة (القيام) بأشياء معينة أكثر أهمية من العلم الذي يهتم (بمعرفة) جوهر تلك الأشياء. فأنتَ تحتاج إلى معرفة ما الذي يجب عليك عمله، وكيفية القيام بذلك، حتى تتمكن من زراعة محاصيلك بنجاح، أو صنع ملابسك، أو طهي طعامك. لست بحاجة إلى معرفة السبب في كون بعض أنواع التوت سامة، أو بعض النباتات صالحة للأكل، لتتعلم كيف تتجنب الأولى وتزرع الثانية. أنتَ لا تحتاج أنْ تعرف سبب ظهور الشمس كل صباح وغروبها في المساء، لأن هذه الأشياء، تحدث في كل يوم. لكن البشر ليسوا قادرين على تعلم أشياء حول ما يدور من حولهم في هذا العالم فحسب، بل إنهم فضوليون أيضًا، وهذا الفضول يكمن في صميم العلم.

ما نعرفه عن شعب بابل (العراق حاليًا) هو أكثر مما نعرفه عن الحضارات القديمة الأخرى، لسبب بسيط: لأنهم كانوا يكتبون على ألواح طينية. وقد نجت الآلاف من هذه الألواح، التي كُتبت منذ ستة آلاف سنة تقريبًا. لتروي لنا كيف كان البابليون ينظرون إلى عالمهم. لقد كانوا منظمين للغاية، وكانوا يحتفظون بسجلات دقيقة عن موسم الحصاد ومخزوناتهم من الحبوب ومالية الدولة. أمضى الكهنة الكثير من وقتهم في الاهتمام بالبيانات والأرقام المتعلقة بالحياة في العصور القديمة. كما إنهم كانوا هم (العلماء) الاختصاصيون، حيث كانوا يقومون بمسح الأرض، وقياس المسافات، ومراقبة السماء، وتطوير التقنيات

اللازمة للحساب والعد. ما زلنا نستخدم بعض ابتكاراتهم اليوم. فهم مثلنا، استخدموا علامات متماثلة لغرض العد؛ يحدث هذا عندما تصنع أربع علامات رأسية وتمرر فوقها واحدة قطريًا لتشكل العدد خمسة، وربما تكون قد شاهدت هذه العلامات مرسومة على جدران زنازين السجن، لتشير إلى عدد السنوات التي قضاها السجين في زنزانته. والأهم من ذلك، كان البابليون هم أصحاب فكرة إن ستين ثانية تكوّن دقيقة وستين دقيقة تكوّن ساعة، وإن الدائرة تتكون من 360 درجة وسبعة أيام تكوّن أسبوعًا. ومن الطريف أنْ نكتشف إنه لا يوجد سبب حقيقي يجعل الستين ثانية تصبح دقيقة، وأن يتكون الأسبوع من سبعة أيام. فالأرقام الأخرى يمكنها عمل ذلك أيضًا. ولكن تمّ اعتماد النظام البابلي دون البقية واستمر الحال إلى يومنا هذا.

برع البابليون في (علم الفلك) أي مراقبة السماء. وخلال بضع سنوات تمكنوا من تحديد أشكال لتجمع النجوم والكواكب في السماء ليلاً. كانوا يؤمنون أن الأرض هي مركز الكون، وأن هناك روابط سحرية قوية – تربطنا مع النجوم. وحيث أن الناس كانوا يعتقدون إن الأرض هي مركز الكون، فلم يعتبروها كوكبًا. قام البابليون بتقسيم السماء في الليل إلى اثني عشر جزءًا، وأطلقوا على كلّ جزء اسمًا مرتبطًا بمجموعة معينة من النجوم أو (الأبراج). ومن خلال ما يشبه لعبة (توصيل النقاط) في السماء، بدأ البابليون يشاهدون صورًا تشبه أشياء معينة أوحيوانات في بعض الأبراج، وكانت بعض هذه الصور تشبه الميزان أو العقرب. ومثّلت هذه

الأشكال أول مجموعة من الأبراج الفلكية، التي شكّلت فيما بعد أساسًا لعلم التنجيم، الذي يُعنى بدراسة تأثير النجوم علينا. ارتبط علما التنجيم والفلك ارتباطًا وثيقًا في بابل القديمة على مدى قرون عديدة. يعرف العديد من الناس اسم البرج الذي ولدوا فيه (أنا مثلا من مواليد برج الثور) وبعض الأشخاص يواظبون على قراءة أبراجهم في الصحف والمجلات ليتعرفوا على طالعهم وماذا يخبئ المستقبل لهم. لكن يجب الإشارة إلى أن علم التنجيم لا يعتبر جزءًا من العلم الحديث.

لم يكن البابليون سوى مجموعة واحدة من بين عدة تجمعات سكانية كبيرة كانت توجد في الشرق الأوسط القديم. فنحن نعرف أكثر عن المصريين الذين استقروا على ضفاف نهر النيل حوالي سنة 3500 قبل الميلاد. لم تكن هناك حضارة لا من قبلهم ولا من بعدهم اعتمدت على ظاهرة طبيعية واحدة فقط. لكن المصريين اعتمدوا على نهر النيل في وجودهم، ففي كل عام كان يفيض ذلك النهر العظيم حاملاً المياه المملوءة بالطمي، وعند انحسار المياه يتراكم الطمي على ضفتي النهر، مخصبًا الأراضي، ويُهيئها لزراعة محاصيل السنة المقبلة. كان المناخ في مصر حارّ وجافّ جدّاً، لذلك وصلتنا منهم أشياء كثيرة ما تزال تثير الإعجاب ونتعلم منها حتى يومنا، ومن بين تلك الأشياء العديد من الرسومات، ونوع من الكتابة المصورة، التي تدعى الهيروغليفية. وبعد أنْ غزا اليونانيون مصر وغزاها من بعدهم الرومان، تلاشت القدرة على القراءة والكتابة بالهيروغليفية، وهكذا وفقدت الكتابة أي

معنى لمدة ألفي عام تقريبًا. حتى جاء عام 1798، حينما وجد جندي فرنسي حجرًا مستديرًا في كومة من الأنقاض القديمة في قرية رشيد (روزيتا سابقًا)، في شمالي مصر. كان فيه إعلان مكتوب بثلاث لغات: الهيروغليفية، اليونانية، وشكل آخر من أشكال الكتابة المصرية يسمى الديموطيقية. تمّ نقل حجر رشيد إلى لندن، حيث يمكنك رؤيته اليوم في المتحف البريطاني. يا له من انعطاف كبير! وحيث أن العلماء كانوا يستطيعون قراءة اليونانية، فتمكنوا بالتالي من ترجمة الكتابة الهيروغليفية، وفك رموز الكتابة المصرية الغامضة. وأصبح بإمكاننا منذ ذلك الحين البدء في التعرف على معتقدات وممارسات المصريين القدماء.

كان علم الفلك المصري مشابهًا لذلك الذي كان لدى البابليين، ولكن اهتمام المصريين بالحياة الآخرة جعل ممارستهم لعلم الفلك أكثر عملية. كان التقويم مهمًا جدًا عندهم، ليس فقط لإخبارهم عن أفضل وقت للزراعة، أو متى يتوقعون حدوث فيضانات النيل، ولكن أيضًا لتخطيط المهرجانات الدينية. كان عامهم (العادي) يتكون من 360 يومًا – أي اثنا عشر شهرًا، كلُّ شهر مكوّن من ثلاثة أسابيع مدة كل أسبوع عشرة أيام – وكانوا يضيفون خمسة أيام إضافية في نهاية العام لتجنب الأخطاء في حساب الفصول. اعتقد المصريون أن الكون كان على شكل صندوق مستطيل الشكل، وموقع عالمهم في قاعدة الصندوق، وإن نهر النيل يتدفق بالضبط من خلال مركز هذا العالم. وكانت بداية عامهم تتزامن مع فيضان النيل، وفي نهاية

المطاف أصبح يتزامن مع بداية لمعان أسطع نجم في سماء الليل، والذي نطلق عليه اسم (الشِّعرَى اليَمانِيَّة) أسطع النجوم في السماء ليلاً ويرى في اتجاه كوكبة الكلب الأكبر؛ وهو رابع ألمع جرم في السماء بعد الشمس والقمر وكوكب الزهرة. يصنّف الفلكيون الشعرى اليمانية نجمًا ثنائيًا، (لأنها في الحقيقة عبارة عن نجمين مترافقين).

وكما هو الحال في بابل، كان الكهنة أشخاصًا مهمين في بلاط الفراعنة، حكام مصر. كان الفراعنة يمثلون الإله، وكانوا قادرين على التمتع بالحياة بعد الموت. هذا هو أحد الأسباب التي دفعتهم إلى بناء الأهرامات، والتي هي في حقيقتها معابد ضخمة للموتى. تمّ وضع الفراعنة وأقاربهم وغيرهم من الأشخاص المهمين، إلى جانب الخدم والكلاب والقطط والأثاث والإمدادات الغذائية، في هذه المعابد الضخمة بانتظار حياة جديدة في العالم التالي. وللحفاظ على جثث الأشخاص المهمين (حتى لا يصل بها الحال، إلى أنْ تتعفن وتفسد في الحياة الآخرة) ابتكر المصريون طرقًا لتحنيط الموتى. وكان هذا يعني أولاً إزالة الأعضاء الداخلية - (كان لديهم خطاف طويل لإخراج المخ عبر الأنف) - ووضعها في جرار خاصة. ثم استخدام المواد الكيميائية للحفاظ على بقية أجزاء الجسد، والذي كان يلف بالكتان ثم يوضع في مكانه الأخير في قبره.

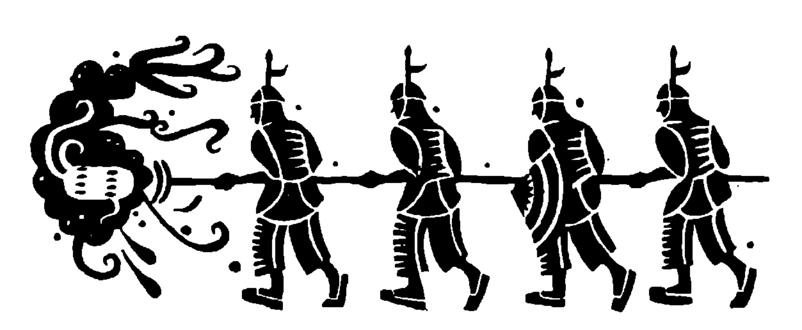
كانت لدى القائمين بالتحنيط فكرة جيدة عن شكل القلب والرئتين والكبد والكليتين. لسوء الحظ، لم يصفوا الأعضاء التي

قاموا بإزالتها، لذلك لا نعرف ما هي الأعضاء التي ظنوا إنها يجب أنْ تزال. ومع ذلك، فقد وصلتنا عدد من البرديات الطبية، التي تخبرنا عن الطب والجراحة المصرية. وكما كان شائعًا في ذلك الوقت، اعتقد المصريون أن مزيجًا من الأشياء الدينية والسحرية والطبيعية تسبب الأمراض. كان المعالجون يردّدون التعاويذ وهم يعالجون المرضى. لكن يبدو أن العديد من العلاجات التي اخترعها المصريون جاءت من المراقبة الدقيقة للأمراض. بعض الأدوية التي كانوا يضعونها كضمادات للجروح بعد الإصابة أو الجراحة جعلت الجرح خاليًا من الجراثيم وساعدته في الشفاء. حدث هذا منذ آلاف السنين قبل أنْ نعرف حتى ما هي الجراثيم.

في هذه المرحلة من التاريخ، كان الحساب والفلك والطب هي المجالات (العلميّة) الثلاثة الأكثر وضوحًا في حقل النشاط العلمي، فأنت تحتاج إلى معرفة أصول (الحساب) قبل أنْ تتمكن من زراعة ما يكفيك من المحاصيل ولأغراض التجارة مع الآخرين، أو لمعرفة ما إذا كان لديك ما يكفي من الجنود أو كم من بناة الهرم موجودون تحت تصرفك. وتحتاج علم الفلك، لأن الشمس والقمر والنجوم مرتبطة ارتباطًا وثيقًا بالأيام والأشهر والمواسم، والتي كانت ملاحظة مواضعها بعناية أمرًا أساسيًا للتقاويم. وتحتاج الطب، لأن الناس عندما يصابون بجرح أو مرض، فإنهم يبحثون عن المساعدة بشكل طبيعي. لكن في كل من هذه الحالات، كان السحر والدين والتكنولوجيا والعلوم ممتزجة معًا، وبالنسبة لهذه الحضارات

الشرق أوسطية القديمة، علينا أنْ نخمن الكثير عن سبب قيام الناس بما فعلوه، أو كيف كان يعيش الناس العاديون حياتهم اليومية. من الصعب دائمًا معرفة الناس العاديين، حيث كان معظم، مَنْ يستطيع القراءة والكتابة هم من الناس الأقوياء، الذين تركوا مواد تؤرخ لحياتهم، ينطبق هذا أيضًا على تجمعين حضريين أخريين ظهرا في نفس الوقت، ولكن في آسيا البعيدة: وهما الصين والهند.

الفصل الثاني



الإبر والأرقام

إذا ما واصلت رحلتك شرقًا من بابل ومصر فستصل أراضٍ ازدهرت فيها الحضارات القديمة على جانبي جبال الهيمالايا الصخرية في الهند والصين. منذ حوالي خمسة آلاف سنة، كان الناس يعيشون في المدن والقرى الممتدة في أودية نهر السند والنهر الأصفر. في تلك الأيام، كانت الهند والصين منطقتين شاسعتين، أكبر بكثير مما هما عليهما اليوم. وكانتا جزءًا من شبكات التجارة البرية والبحرية الواسعة - التي كانت تنتقل على طول طريق التوابل - وقام سكانها بتطوير الكتابة والعلوم إلى مستويات متقدمة. كان العلم والتجارة يساعد أحدهما الآخر: استفاد العلم من التجارة، وسمحت الثروة التي جاءت من التجارة بتوفير الأجواء المناسبة للدراسة. في الواقع فإنه إلى عام 1500، كان

العلم متقدمًا في الحضارتين إلى مستوى يشبه على الأقل حاله في أوروبا. أعطتنا الهند الأرقام التي نستخدمها وحب الرياضيات. ومن الصين جاءنا الورق والبارود وأداة لا غنى عنها للملاحة: وهي البوصلة.

تمثل، الصين اليوم قوة رئيسة في العالم. والأشياء المصنوعة هناك مثل الملابس والألعاب والسلع الإلكترونية تباع في جميع أنحاء العالم. وللتأكد من كلامي هذا تحقق من العلامة الملصقة على حذائك الرياضي.

على مدى قرون، كان الناس في الغرب ينظرون إلى هذا البلد المترامي الأطراف كشيء طريف ومسلي أو بارتياب. فعل الصينيون الأشياء بطريقتهم الخاصة؛ وبدت بلادهم غامضة وثابتة على طبيعتها لا تتغير.

نحن نعلم الآن إن الصين كانت دومًا دولة ديناميكية، والعلم فيها يتغير أيضًا باستمرار. لكن شيئًا واحدًا لم يتغير هناك على مر القرون: إنها الكتابة. تتكون الكتابة الصينية من الأيدوغرافات، وهي عبارة عن صور صغيرة تعبر عن الأشياء، لكنها تبدو غريبة بالنسبة لمستخدمي الأبجدية من أمثالنا. ولكن إذا كنت تعرف كيف تفسر الصور الصغيرة، فهذا يعني إنه يمكنك قراءة النصوص الصينية القديمة – القديمة جدًا – بسهولة كما يمكنك قراءة المزيد من الكتابات الحديثة. في الواقع، علينا أنْ نشكر الصين على اختراعها الورق، الذي جعل الكتابة أسهل بكثير. أقدم مثال نعرفه عن تاريخها يعود إلى حوالي سنة 150 للميلاد.

لم يكن حكم الصين أمرًا سهلاً أبدًا، لكن العلم يمكن أنْ يساعد في ذلك. ربما بدأ المشروع الهندسي الأعظم على مر التاريخ، وهو سور الصين العظيم، خلال القرن الخامس قبل الميلاد، خلال عهد أسرة تشو الشرقية. (ينقسم التاريخ الصيني إلى سلالات، ترتبط بالحكام الأقوياء ومملكاتهم). كان الجدار يهدف إلى حماية البلاد من البرابرة في الشمال، بالإضافة إلى إبقاء الصينيين داخل بلادهم! استغرق الأمر عدة قرون لإكماله، وكانت تجرى عليه عمليات توسعة وترميم باستمرار، وهو يمتد الآن لمسافة 8,800 كم. (لعدّة سنوات ظنّ الناس أن الجدار يمكن رؤيته من الفضاء، لكن هذا غير صحيح، فقد فشل رائد فضاء صيني في تحديد موقع البناء). كما شيد مشروع هندسي عملاق آخر، في عهد سلالة سوي هو شق قناة غراند الكبرى التي بلغ طولها 1600 كم، في القرن الخامس والتي ربطت – من خلال استخدام بعض الممرات المائية الطبيعية الموجودة في الطريق – المدينة الداخلية الكبيرة في بكين التي تقع في الشمال مع مدينة هانغتشو التي تقع على الساحل الجنوبي، ومن هناك إلى العالم الخارجي. إن هذه الآثار تذكير قوي ليس بمهارات مساحي الأراضي والمهندسين الصينيين، ولكن أيضًا بالمقدار الهائل من العمل البشري الشاق الذي كان يحتاجه كل ذلك البناء. ورغم أن الصينيين كانوا قد اخترعوا عربة اليد، لكن العمال ظلوا مضطرين إلى استخدام أيديهم في الحفر والدفع والبناء.

نظر الصينيون إلى الكون على أنه نوع من الكائنات الحية، حيث ترتبط القوى فيما بينها في كل شيء. القوة الرئيسة، أو الطاقة، كانت تسمى (تشي). أما القوتان الرئيستان الأخريان فكانتا تدعيان يين ويانغ: كانت يين، والتي تمثل المبدأ الأنثوي، مرتبطة بالظلام والغيوم والرطوبة. أما يانغ، مبدأ الذكور، فكان يرتبط مع أفكار مثل أشعة الشمس والحرارة والدفء. لم تكن جميع الأشياء تصنف إلى يين أو يانغ - يتم الجمع بين القوتين دائمًا بدرجات متفاوتة. وفقًا للفلسفة الصينية، كل واحد منا لديه بعض من اليين وبعض من اليانغ، والتوليفة الدقيقة بينهما تؤثر على تكويننا وكيف نتصرف.

يعتقد الصينيون أن الكون يتكون من خمسة عناصر: الماء، المعادن، الخشب، النار والأرض. هذه العناصر لم تكن ببساطة الماء العادي أو النار التي نراها من حولنا، بل المبادئ التي توحّدت لتكوين العالم والسماء. لكل منها خصائص مختلفة، بالطبع، ولكنها أيضًا قوى متشابكة، مثل اللُعبْ المتحولة (الترانسفورمرز). على سبيل المثال، يمكن أن يتغلب الخشب على الأرض (يمكن للمجارف الخشبية أنْ تحفرها)؛ ويمكن للمعادن أنْ تبرّد الخشب. وتستطيع النار أنْ تُذيب المعادن. ويمكن للماء أنْ يُطفئ النار؛ والأرض يمكنها سد الماء. (تذكّر لعبة الورق، والمقص، والحجر، التي اخترعت أصلاً في الصين). هذه العناصر، بتشابكها جنبًا إلى جنب مع قوتي يين ويانغ، تولّد

التناغم الدوري ما بين الزمن والطبيعة، والفصول، ودورات الولادة والموت، وحركة الشمس والنجوم والكواكب.

وما دام كل شيء في هذا الكون يتكون من هذه العناصر والقوى، فإن جميع الأشياء حية ومترابطة. لذا فإن فكرة (الذرة) باعتبارها الوحدة الأساسية للمادة لم تتم الإشارة إليها أبدًا في الصين. ولم يعتقد الفلاسفة الطبيعيون هناك بأن عليهم أن يعبروا عن كل شيء بالأرقام لكي يكونوا (علميين). كان الحساب وسيلة عملية جدًا: عليك القيام بإلعد عندما تشتري وتبيع وتوزن البضائع وما إلى ذلك. تمّ اختراع المعداد، وهو عبارة عن آلة تحتوي على خرز منزلقة على أسلاك والتي ربما تكون قد تعلّمت العد عليها، في أواخر القرن السادس عشر. وربما اخترعت في وقت سابق. تعمل هذه الآلة على تسريع العد، بالإضافة إلى القيام بعمليات الجمع والطرح والضرب والقسمة.

كما استخدمت الأرقام لحساب طول الأيام والسنوات. منذ عام 1400 قبل الميلاد، كان الصينيون يعرفون أن السنة تتكون من 365 يومًا وربع، ومثل معظم الحضارات المبكرة، استخدموا القمر لحساب الأشهر. كما هو الحال مع كل الشعوب القديمة، كان الصينيون يقيسون السنة بأنها طول الفترة الزمنية التي استغرقتها الشمس للعودة إلى النقطة التي انطلقت منها في السماء. إن الدورات في حركات الكواكب مثل المشتري، والنجوم، تناسب بشكل جيد فكرة أن كل شيء في الطبيعة دوراني. كان مبدأ (المنشأ الكبير والنهائي المطلق) عبارة عن

حساب هائل لمعرفة المدة الزمنية التي سيستغرقها الكون كله لإجراء دورة كاملة وكانت تساوي 23,639,040 سنة. هذا يعني إن الكون قديم جدًا (على الرغم من أننا نعرف الآن أنه أقدم من ذلك بكثير). لقد فكر الصينيون أيضًا في كيفية خلق الكون. تُظهر بعض الخرائط النجمية الصينية الأولى، إنها فهمت كيف تمثل، على خريطة ثنائية الأبعاد، أشياء موجودة في مجال منحني. يعتقد شوان لو، الذي عاش في عهد أسرة هان الحاكمة (25 إلى 220 بعد الميلاد)، أن الشمس والقمر والنجوم طافت في الفضاء الخالي، مدفوعةً بالرياح. كان هذا مختلفًا تمامًا عن الاعتقاد اليوناني القديم بأن هذه الأجسام السماوية قد تمّ تكوينها في مجالات ثابتة، وهذا يشبه إلى حد بعيد كيفية فهمنا الفضاء في وقتنا الحاضر. سجل مراقبو النجوم في الصين أحداثًا غير عادية جدًا، لذا فإن ملاحظاتهم، مهما كانت قديمة، ما تزال مفيدة لعلماء الفلك الحديث.

وحيث أن الصينيين كانوا يعتقدون إن الأرض قديمة جدًا، فإنهم لم يجدوا صعوبة في التعرّف على المتحجرات التي تمثل بقايا النباتات والحيوانات التي كانت تعيش في يوم من الأيام. تمّ تصنيف الأحجار إلى مجموعات تبعًا لصلابتها ولونها. وكان حجر (اليشْب) أو (اليشم) أو (الجاد) هو من الأحجار الكريمة ويتخذ للزينة وجلب الحظ. (عادةً يكون لونه أخضر) يحظى بتقدير كبير، وقد صنع الحرفيون منه تماثيل جميلة. والزلازل في ذلك الوقت كانت شائعة في الصين، وعلى الرغم من أنه

لم يستطع أحد أنْ يفسر سبب حدوثها، إلّا أنه في القرن الثاني الميلادي، استخدم رجل غزير العلم يدعى زانغ هنغ وزنًا معلقًا كان يتمايل عندما تهتز الأرض لتسجيل الهزات الأرضية. كانت هذه نسخة مبكرة جدًا لما نسميه اليوم بجهاز قياس الزلازل، وهو جهاز يرسم خطًا مستقيمًا يمثل حركة الأرض وعندما تتحرك الأرض، يبدأ يتذبذب.

درس الصينيون المغناطيسية لأغراض عملية. فتعلموا كيفية مغنطة الحديد عن طريق تسخينه إلى درجة حرارة عالية وتركه يبرد بينما كان يشير باتجاه شمالي - جنوبي. عرفت الصين البوصلة قبل فترة طويلة من معرفتها في الغرب، وكانت تستخدم في كل من الملاحة وقراءة الطالع. وكانت أكثرها شيوعًا، بوصلة (من النوع البدائي): وهي مجرد إبرة ممغنطة تطفو في وعاء من الماء. اعتدنا أنْ نقول إن إبرة البوصلة تؤشر إلى الشمال، لكن بالنسبة للصينيين فانها كانت تشير إلى الجنوب. (وبالطبع فإن بوصلاتنا تشير إلى الجنوب أيضًا - ولكن عند الطرف المقابل للإبرة. ولا يهم في الواقع الاتجاه الذي تختاره، طالما أن الجميع يوافق عليه).

كان الصينيون ماهرون في الكيمياء. وكان الكثيرون منهم من أتباع الطاوية، وهم أعضاء في مجموعة دينية تبعوا لاو تسو، عاشوا بعض الوقت في الفترة ما بين القرنين السادس والرابع قبل الميلاد. (والطاو) تعني (الطريق أو المسار) أما الآخرون فكانوا يتبعون كونفوشيوس أو بوذا. لقد أثرت فلسفات هؤلاء

الزعماء الدينيين في مواقف أتباعهم باتجاه دراسة الكون. لطالما أثّر الدين على الكيفية التي ينظر بها الناس إلى محيطهم.

كان علم الكيمياء الذي كان يتعامل به الصينيون متطور جدًا بالنسبة لزمانهم. على سبيل المثال، استطاعوا تقطير الكحول والمواد الأخرى، واستخلاص النحاس من المحاليل. وعن طريق مزج الفحم النباتي ونترات الكبريت والبوتاسيوم، نجحوا في صناعة البارود. كانت هذه أول مادة كيميائية متفجرة وشكلت قفزة نوعية في اختراع الألعاب النارية والأسلحة. يمكنك أنْ تقول إن البارود مثل امتزاجًا بين قوتي الين واليانغ في عالم الكيمياء: وكانت تنفجر بشكل جميل في عروض الألعاب النارية الهائلة التي كانت تقام في البلاط الملكي كما كانت تستخدم أيضًا ذخيرة للبنادق والمدافع في ساحات المعارك في شرقي الصين في وقت مبكر من القرن العاشر. ليس من المؤكد بالضبط كيف وصلت وصفة وتعليمات صنع هذه المادة القوية إلى أوروبا، ولكن هناك وصف لها في أوروبا في حوالي عام 1280. لقد جعل اختراع البارود من الحرب أكثر فتكًا في كل مكان.

كما كان يوجد في الصين الخيميائيون وهم الذين كانوا يبحثون عن (إكسير الحياة): والمقصود به بعض المواد التي من شأنها أنْ تطيل أعمارنا، أو ربما تجعلنا خالدين. (هناك المزيد من الحديث عن الخيمياء في الفصل التاسع). لقد فشلوا في العثور على إكسير الحياة، وفي الواقع كان يمكن للعديد من الأباطرة في الصين أنْ يعيشوا مدة أطول لو أنهم لم يتناولوا هذه (العلاجات)

التجريبية السامة التي كان يعتقد إنها تمثل إكسير الحياة. ومع ذلك، فإن البحث عن هذه المادة السحرية أدى إلى اكتشاف العديد من الأدوية التي يمكن استخدامها لعلاج الأمراض العادية. وكما هو الحال في أوروبا، استخدم الأطباء الصينيون مستحضرات مستخلصة من النباتات لعلاج الأمراض، لكنهم صنعوا أيضًا مركبات مصنوعة من الكبريت والزئبق وعناصر أخرى. فتم استخدام نبات (الأرطماسيا) لعلاج الحمى. وتمّ تحويله إلى مستخلص يحرق ويوضع على الجلد في نقاط محددة للمساعدة في تدفق (السوائل الحيوية) إلى انحاء الجسم. تمّ اكتشاف هذه الوصفة والطريقة مؤخرًا.

في كتاب عن العقاقير كتب منذ حوالي 1800 سنة. وتم اختباره في مختبر حديث، ووجد أنه فعال ضد مرض الملاريا، الذي يمثل سببًا رئيسًا للعديد من الوفيات في البلدان الاستوائية في وقتنا الحاضر. والجدير بالذكر إن أحد أعراض الملاريا هو ارتفاع في درجة الحرارة.

بدأ تأليف الكتب الطبية في الصين في وقت مبكر من القرن الثاني قبل الميلاد، ولا يزال الطب الصيني القديم مستخدمًا في جميع أنحاء العالم اليوم. فيتم العلاج بالوخز بالإبر، الذي يتمثل في إدخال إبر دقيقة في مناطق معينة من الجلد، على نطاق واسع للمساعدة في علاج الأمراض، والتعامل مع التوتر، وتخفيف الألم. ويستند الوخز بالإبر إلى فكرة أن الجسم يحتوي على سلسلة من القنوات التي تتدفق من خلالها طاقة كيو، وبالتالي

فإن أخصائي الوخز بالإبر يستخدم الإبر لتحفيز أو فتح هذه القنوات. يتم تنفيذ العمليات في بعض الأحيان بعدد أكثر قليلاً من الإبر المدخلة في جسم المريض لحجب الألم. ومع إن العلماء الصينين المعاصرين لا يزال يعملون مثل زملائهم في الغرب، لكن الطب الصيني التقليدي لا يزال يحظى بالعديد من المتابعين في جميع أنحاء العالم.

كذلك يفعل الطب الهندي التقليدي. الذي يطلق عليه الأيورفيدا، ويستند إلى أعمال معروفة تحمل نفس الاسم مكتوبة باللغة القديمة، السنسكريتية، بين حوالي 200 إلى 600 سنة قبل الميلاد، تذكر (الايورفيدا) إلى أن هناك سوائل في الجسم تسمى الدوشا تتكون من ثلاثة أنواع فاتا وتكون جافة وباردة وخفيفة. وبيتا وتكون حارة وحامضة ولاذعة؛ وكافا تكون باردة وثقيلة وحلوة. هذه الأدوية ضرورية لكي تعمل أجسامنا بشكل صحيح، وعندما يكون هناك الكثير منها أو القليل جدًا منها، أو عندما تكون في المكان الخطأ، يحدث المرض. كانت معاينة جلد المريض، وفحص نبضه، مهمين أيضًا، حيث يحاول الطبيب الهندي من خلاله تحديد سبب المرض. يمكن للأدوية والمساج والحمية الغذائية الخاصة تصحيح عدم التوازن. استخدم الأطباء الهنود عصيرًا من الخشخاش، ينتج عقار الأفيون، لتهدئة مرضاهم وتخفيف آلامهم.

وتضمن الطب الهندي القديم، مجالا آخر هو مايسمى سوسروتا، والذي يركز على الجراحة. وكانت بعض العمليات

التي يصفها دقيقة بشكل ملحوظ بالمقارنة مع هذه الفترة المبكرة. على سبيل المثال، عندما يعاني المريض من إعتام عدسة العين (وهو تعتيم في عدسة العين يجعل من الصعب عليه رؤية الأشياء) يقوم الجراح بلصق إبرة برفق في مقلة العين ويدفع الماء الأبيض إلى جانب واحد. وكان الجراحون الهنود يستخدمون أيضًا طيات مأخوذة من جلد المريض نفسه لإصلاح أنفه التالف، وهي أمثلة مبكرة أقرب لما نسميه اليوم بالجراحة التجميلية.

ارتبط هذا الطب الهندي القديم بممارسين من الهندوس. وعندما استقر المسلمون في الهند في حوالي عام 1590، جلبوا معهم أفكارهم الطبية الخاصة، التي كانت مبنية على الطب اليوناني القديم الذي ترجمه الأطباء المسلمون الأوائل. وكان يدعون هذا الطب باليوناني، وقد تطوّر جنبًا إلى جنب مع نظام الايورفيدا. ولا يزال يستخدم كلاهما في الهند اليوم إلى جانب الطب الذي نعرفه جميعًا - وهو الطب الغربي.

كان للهند تقاليدها العلمية الخاصة. فقد كان المنجمون في الهند يدرسون السماوات والنجوم والشمس والقمر بالاعتماد على أعمال عالم الفلك اليوناني بطليموس، وبعض الأعمال العلمية من الصين التي جلبها المبشرون البوذيون الهنود. كان هناك مرصد في أوججين، وأحد العلماء الهنود الأوائل الذين نعرف اسمه، فراهاميهيرا (ولد حوالي عام 505) للميلاد، والذي عمل هناك. قام بجمع الأعمال الفلكية القديمة وأضاف ملاحظاته الخاصة عليها. بعد ذلك بفترة طويلة، في القرن

السادس عشر، تم بناء المراصد في دلهي وجايبور. كان التقويم الهندي دقيقًا تمامًا، وعلى غرار الصينيين، اعتقد الهنود أن الأرض موجودة منذ فترة طويلة جدًا. كانت واحدة من دوراتهم الفلكية تستغرق 4,320,000 سنة شارك الهنود في البحث عن إكسير الحياة الذي يجعل المرء يعيش حياة طويلة. كما بحثوا عن طريقة لصنع الذهب من المعادن العادية. لكن أهم مساهمة قدمها العلم الهندي كانت في الرياضيات ومن الهند، عبر الشرق الأوسط، جاءتنا الأرقام التي نسميها (العربية): وهي الارقام المألوفة لدينا مثل 1 و2 و3...، الخ. جاءت فكرة (الصفر) أولاً من الهند أيضًا. إلى جانب الأرقام التي ما زلنا نستخدمها، كان لدى علماء الرياضيات الهنود فكرة أساسية عن (المراتب). خذ رقمًا مثل 170. الرقم (1) = 100، يكون في مرتبة (المئات)؛ والرقم (7) = 70، يقع في مرتبة (العشرات)؛ والصفر في مرتبة (الآحاد). من الطبيعي جدًا بالنسبة لنا ألّا نفكر في ذلك، ولكن إذا لم تكن لدينا المراتب، فإن كتابة أعداد كبيرة ستكون عملية أكثر تعقيدًا، يعتبر براهماغوبتا الذي عاش في القرن السابع الميلادي أشهر عالم رياضيات هندي قديم، وقد، وضع أسسًا لكيفية احتساب أحجام الموشور والاشكال الأخرى. كان أول شخص يشير إلى الرقم (صفر)، وعرف إن أي شيء يضرب بالرقم صفر يساوي صفر. استغرق الأمر ما يقرب من 500 سنة قبل أنْ يلاحظ عالم رياضيات هندي آخر، هو بهاشكارا إن

أي شيء مقسوم على صفر سيكون عددًا لا نهائيًا. وبدون هذه المفاهيم ستكون تفسيرات الرياضيات الحديثة للعالم مستحيلة.

وفي حين أن الأنظمة الطبية التقليدية في الهند والصين ما تزال تتنافس مع الطب الغربي، لكنها مختلفة. يعمل العلماء الهنود والصينيين مع نفس الأفكار والأدوات والأهداف مثل زملائهم في أماكن أخرى من العالم. سواء كان ذلك في آسيا أو في أي مكان آخر، فالعلم الآن ذو نطاق عالمي، حتى لو شهد تطورًا في الغرب.

لكن تذكّر إننا حصلنا على الأرقام من الهند والورق من الصين. عندما تدوّن جدول (الضرب) للرقم 9 على الورق، فأنت تستخدم هدايا قديمة جدًا، جاءتك من الشرق.

الفصل الثالث



الذرات والفراغ

في حوالي سنة 454 قبل الميلاد، زار المؤرخ اليوناني هيرودوتس (الذي عاش للفترة من حوالي 485 – 425 قبل الميلاد) مصر. وقد أصابته الدهشة مثلنا تماماً، عندما رأى الأهرامات، والتماثيل العملاقة – التي يبلغ ارتفاعها ستين قدماً – في مدينة طيبة التي تقع على ضفتي نهر النيل. ولم يكن يعرف تماماً كم يمتد الزمن بها.

كان مجد مصر حينها قد تلاشى فقد غزاها الفرس منذ فترة طويلة. وكان هيرودوت يعيش في اليونان في مجتمع أصغر سناً وأكثر نشاطاً وكان ما يزال في فترة صعود، وهو المجتمع الذي سيحتل مصر بعد قرن من الزمان ويخضعها لحكم الإسكندر الأكبر (356 – 323) ق.م.

في الزمن الذي عاش فيه هيرودوتس، كان الناس الذين يفكرون ويكتبون باللغة اليونانية يسيطرون على الجزء الأكبر من شرق البحر الأبيض المتوسط. وقد دوّنوا أعمال هوميروس، الشاعر الأعمى، التي كان من بينها القصة التي تتحدث عن الطريقة التي هزم فيها اليونانيون طروادة من خلال بناء حصان عملاق والإختباء في داخله، فضلاً عن الوصف الرائع لرحلة عودة المقاتل اليوناني أوديسيوس إلى أرض الوطن، والذي كان العقل المدبر لحرب طروادة. كذلك كان من بين الإغريق بناة السفن والتجار والمفكرين.

أحد أوائل هؤلاء المفكرين هو طاليس (625 – 545ق.م)، الذي كان تاجرًا وعالم فلك ورياضيات عاش في ميليتوس، على ساحل البلد الذي يعرف الآن باسم تركيا. لم يصلنا أي شيء كتبه بشكل مباشر، لكن مؤلفين لاحقين استشهدوا به، بالإضافة إلى سردهم لحكاياته مما كشف لنا ما كان عليه. ويذكر أحدهم إنه ذات مرة كان مشغولاً بالنظر إلى النجوم ولم ينتبه إلى خطواته فوقع في بئر قريب. وفي قصة أخرى، صعد نجمه إلى القمة: فلكونه كان ذكيًا، تمكن من التنبؤ أنه سيكون هناك محصول زيتون وفير جدًا. فقام باستئجار جميع مَعاصر الزيتون قبل موعد حصاده بفترة طويلة، عندما لم يكن أحد بحاجة إليها، وعندما جاء وقت الحصاد، قام بتأجيرها وحصل على أرباح وفيرة.

لم يكن طاليس أول أستاذ شارد الذهن – فسنلتقي بالكثير منهم لاحقًا – ولا الوحيد الذي كسب المال من تطبيق علمه.

وقيل إن طاليس زار مصر وعاد بالرياضيات المصرية إلى اليونانيين. قد تكون هذه مجرد قصة أخرى، مثل تلك التي تتحدث عن توقعه بشكل صحيح حدوث كسوف كلي للشمس (لم يكن يعرف ما يكفي من علم الفلك للقيام بذلك). لكن الحكايات التي كان وقوعها أكثر احتمالاً هي التي تتحدث عن الطريقة التي حاول بها شرح العديد من الحوادث الطبيعية، مثل تسميد الأرض عن طريق غمر النيل بالمياه، والسبب وراء حدوث الزلازل حيث اعتقد أن ذلك يعود إلى ارتفاع درجة حرارة المياه داخل قشرة الأرض. بالنسبة إلى طاليس، كان الماء هو العنصر الرئيس، وصوّر الأرض كقرص عائم على محيط هائل. يبدو ذلك مضحكًا جدًا بالنسبة إلينا، لكن النقطة الأساسية هي أن طاليس أراد فعلاً شرح الأشياء من خلال أسبابها الطبيعية، وليس الخيالية. فقد كان المصريون يعتقدون إن نهر النيل يفيض بسبب الآلهة.

وعلى عكس طاليس، فان الفيلسوف أناكسيماندر (611 – 547ق.م) وهو أيضًا من مدينة ميبليتوس كان يؤمن إن النار هي أهم مادة في الكون، أما أيمبيدوكليس (500 – 430ق.م)، وكان من صقلية، فكان يعتقد بفكرة وجود أربعة عناصر هي: الهواء والأرض والنار والماء. هذه الفكرة مألوفة لدينا لأنها أصبحت الأسلوب القديم السائد عند المفكرين لما يقرب من ألفي عام، حتى نهاية العصور الوسطى.

لا يعني الأسلوب القديم أن الجميع قد قبلوا النظام المكون من أربعة عناصر ككلمة نهائية. ففي اليونان أيضًا، وفي وقت لاحق في روما، اعتقدت مجموعة من الفلاسفة المعروفين بأصحاب المذهب الذري أن العالم يتكون في الواقع من جسيمات صغيرة تسمى الذرات. كان الفيلسوف الأكثر شهرة من بين أوائل أصحاب المذهب الذري هو ديموقريطس، الذي عاش حوالي 420ق.م ما نعرفه عن أفكاره يستند إلى بضعة أجزاء من أفكاره التي نقلها مؤلفون آخرون. اعتقد ديموقريطس إن الكون يحوي على عدد هائل من الذرات الموجودة من قبل، ولا يمكن تفتيتها أو تحطيمها، وعلى الرغم من صِغر حجمها إلى الحد الذي لا يمكن رؤيتها فيه، إلّا أنه كان يعتقد إنها لا بد أنْ تكون ذات أشكال وأحجام مختلفة، لأن ذلك قد يفسر السبب في أن الأشياء المصنوعة من الذرات لها طعم وملامح وألوان مختلفة. لكن هذه الأشياء الكبيرة موجودة فقط لأننا نحن البشر نتذوق ونشعر ونرى. في الواقع، أصر ديموقريطوس، ليس هناك شيء سوى (الذرات والفراغ)، وهو ما نسميه المادة والفضاء.

لم يكن المذهب الذريّ يملك كلّ تلك الشهرة، خصوصًا وجهة نظر ديموقريطس وأتباعه حول كيفية تطور الكائنات الحية من خلال نوع من التجربة والخطأ. تشير أحد المؤلفات الطريفة لهذه الفلسفة أنه كان هناك عدد كبير من الأجزاء المختلفة للنباتات والحيوانات التي يمكن أنْ تُدمج في أي توليفة غريبة – يمكن لجذع الفيل أنْ يوضع على سمكة، أو بتلات الورد على البطاطس،

وهكذا قبل أنْ يتم تركيبها جميعًا بالطرق التي نراها الآن. كانت الفكرة هي إنه إذا ذهبت ساقي كلب عن طريق الخطأ إلى قطة، فلن يعيش هذا الحيوان ولذلك لن تكون هناك قطط لها سيقان كلاب. بعد فترة من الزمن، فإن جميع أرجل الكلاب ينتهى بها الأمر لأن تكون للكلاب، ولحسن الحظ، انتهى المطاف بجميع الأرجل البشرية إلى البشر. (وهناك نظرية يونانية قديمة أخرى تبدو أكثر واقعية، وإنْ كانت ما تزال غير مستساغة نوعا ما: فكل الكائنات الحية كان من المفترض أنْ تكون قد ظهرت تدريجيًا إلى الوجود من نوع قديم جدًا من أنواع الطين).

ونظرًا لأن الفلسفة الذريّة لا ترى أي هدف نهائي أو تصميم رائع في الكون، وإن الأشياء تحدث من خلال الصدفة والضرورة، فإنها لم تعجب معظم الناس. كانت لها وجهة نظر قاتمة للغاية، وسعى معظم الفلاسفة اليونانيين إلى البحث عن الغاية من الحياة وعن الحقيقة والجمال. وسمع اليونانيون الذين عاشوا في نفس الوقت مع ديموقريطس وزملائه الذريين حججهم الكاملة. ما نعرفه عنهم هو فقط من خلال الاقتباسات ومناقشات الفلاسفة الذين جاءوا في وقت لاحق. وكتب لوكريتيوس (حوالي 100 إلى 55 قبل الميلاد)، وهو أحد الفلاسفة الذريين والذي عاش في العصر الروماني، قصيدة علمية جميلة، بعنوان (rerum natura طبيعة الأشياء). وفيها يصف السماوات، والأرض وكل شيء على الأرض، بما في ذلك تطور المجتمعات البشرية، من خلال مفاهيم الفلسفة الذرية.

نحن نعرف أسماء وبعض مساهمات العشرات من العلماء اليونانيين القدماء بما فيهم علماء الرياضيات وبعض مساهماتهم على مدى ما يقرب من ألف سنة. كان أرسطو واحدًا من أعظمهم. كانت نظرته للطبيعة قوية لدرجة إنها سادت لفترة طويلة بعد وفاته (سنتحدث عنه في الفصل الخامس). لكن ثلاثة أشخاص عاشوا بعد أرسطو قدموا مساهمات كبيرة - بشكل خاص - في التطور المستمر للعلوم.

لم يكن إقليدس (330 - 260ق.م) أول شخص يفكر في علم الهندسة (كان البابليون جيدون في ذلك) لكنه كان الشخص الذي جمع سوية، في نوع من الكتاب المدرسي، الأهداف الأساسية والقواعد والإجراءات الخاصة بهذا الموضوع. الهندسة هي نوع عملي جدًا من الرياضيات التي تتعامل مع الفراغ: مثل النقاط، والخطوط، والأسطح، والأحجام. وصف إقليدس أفكارًا هندسية عديدة مثل الطريقة التي لا تلتقي بها الخطوط المتوازية، وكيف أن مجموع زوايا مثلث ما تصل إلى 180 درجة. كان كتابه العظيم، عناصر الهندسة، محل إعجاب ودرس في جميع أنحاء أوروبا. قد تُدرس (الهندسة المستوية) التي اخترعها ذات يوم. آمل أنْ تعجب بجمالها الواضح والأنيق.

وقام إراتوستينس (284 - 192ق.م) ثاني الثلاثة الكبار بقياس محيط الأرض بطريقة بسيطة جدًا ولكن ذكية - وذلك باستخدام الهندسة -. كان يعلم إن الشمس في يوم الانقلاب الصيفي - وهو أطول يوم في السنة - تسقط مباشرة في مكان

في مصر يسمى أسوان. فقام بقياس زاوية الشمس في ذلك اليوم في الإسكندرية (حيث يعمل أمينًا للمكتبة والمتحف المشهور في المدينة)، والتي كانت تبعد حوالي خمسة آلاف استديوم شمال اسوان (استديوم) وحدة طول إغريقية، ويساوي حوالي عُشر الميل الذي نستخدمه حاليًا. ومن هذه القياسات استخدم الهندسة لحساب أن محيط الأرض يبلغ حوالي 250 ألف استديوم، فهل كان هذا الرقم مقاربًا للواقع؟ إن توقع إراتوستينس البالغ 250 ألف استديوم ليس بعيدًا جدًا عن الرقم الحقيقي البالغ 24,901,55 ميل (حول خط الاستواء) الذي نعرفه اليوم. لاحظ أن إراتوستينس اعتقد إن الأرض كانت مستديرة. لم يكن يعتقد دومًا أن الأرض كانت سطحًا مستويًا كبيرًا وإن الناس يمكن أنْ تبحر بعيدًا عن حافتها، على الرغم من القصص التي قيلت عن كريستوفر كولومبوس ورحلته إلى أميركا.

أما الشخص الأخير من الثلاثة الكبار فقد عمل في الإسكندرية، المدينة التي تقع في شمالي مصر والتي أسسها الإسكندر الأكبر. كان كلوديوس بطليموس (حوالي 178 -. 100 ق.م)، مثل العديد من العلماء في العالم القديم، لديه اهتمامات واسعة. كتب عن الموسيقى والجغرافيا والطبيعة وسلوك الضوء. لكن العمل الذي جلب له شهرة دائمة هو كتابه المجسطي، وهو الاسم الذي أطلقه عليه العرب. في هذا الكتاب، جمع بطليموس مراقبات العديد من علماء الفلك اليونانيين، بما في ذلك مخططات النجوم وحسابات حركات الكواكب والقمر والشمس والنجوم

وهندسة الكون. وافترض، مثل أي شخص آخر في ذلك الوقت، إن الأرض هي مركز كل شيء، وإن الشمس والقمر والكواكب والنجوم تدور حولها بطريقة دائرية. كان بطليموس عالم رياضيات ممتاز، ووجد إنه من خلال إدخال بعض التصحيحات كان قادرًا على حساب تحركات الكواكب التي لاحظها هو والكثير من الناس من قبل.

من الصعب شرح أن الشمس تدور حول الأرض فهو عكس مايحدث في الحقيقة. كان كتاب بطليموس بمثابة الكتاب الأساس لعلماء الفلك في الأراضي الإسلامية وفي العصور الوسطى الأوروبية. وكان واحدًا من أول الأعمال التي تترجم إلى العربية، ثم ترجم مرة أخرى إلى اللاتينية، وحصل على إعجاب كبير، كان بطليموس يعتبر مساويًا لأبقراط وأرسطو وجالينوس، لكن بالنسبة لي، فإن هؤلاء الثلاثة يستحقون فصلاً مستقلاً لكل واحد منهم.

الفصل الرابع



أبقراط أبو الطب

في المرة القادمة التي يتوجب عليك فيها رؤية الطبيب، اسأله ما إذا كان قد ردّد قسم أبقراط في حفل تخرجه. لا تطلب جميع كليات الطب الحديثة من تلاميذها أنْ يرددوا هذا القسم، بل البعض منها، وهذا القسم، الذي كُتب قبل أكثر من ألفي سنة، لديه شيء يقوله لنا. سنرى ما هو ذلك قريبًا.

على الرغم من أن اسم أبقراط مرتبط بهذا القسم الشهير، فإنه على الأرجح لم يكتبه. في الواقع، لم يكتب سوى عدد قليل من الرسائل الستين أو نحو ذلك (كتب قصيرة حول مواضيع محددة) والتي تحمل اسمه. نحن نعرف القليل فقط عن أبقراط الرجل. لقد ولد حوالي 460ق.م، في جزيرة كوس، وهي ليست بعيدة عن تركيا الحالية. مارس مهنة الطب، ودرَّس الطب (مقابل

المال)، وكان لديه على الأرجح ابنان وصهر كانوا جميعًا أطباء. فقد كان لديهم تاريخ طويل في الطب كونه تقليد عائلي.

وتعني مجموعة كتابات ابقراط، Hippocratic Corpus وفي الحقيقة فأن كتبها مجموعة من الأفراد، على مدى فترة طويلة من الزمن، ربما امتدت لمدة 250 عامًا. ناقشت مختلف الأطروحات في تلك الكتابات وجهات نظر مختلفة، تعاملت مع الكثير من الأمور المختلفة. وتشمل هذه الأطروحات تشخيص الأمراض ومعالجتها، وكيفية التعامل مع العظام المكسورة والمفاصل المخلوعة، والأوبئة، وكيفية نحافظ على أنفسنا في صحة جيدة، وماذا نأكل، وكيف يمكن للبيئة أنْ تؤثر على صحتنا. كما تساعد هذه الأطروحات الأطباء على معرفة كيفية التصرف، سواء مع مرضاهم أو مع أطباء آخرين. باختصار، تغطي كتابات أبقراط كل مجالات الطب الذي كان يُمارس في ذلك الوقت.

وكانت مجموعة الموضوعات التي تمت تغطيتها تشكل شيئًا مميزًا، إذا ما أخذنا بالحسبان الفترة التي كتبت فيها تلك المقالات. عاش أبقراط قبل سقراط وأفلاطون وأرسطو، في جزيرة كوس، وهي جزيرة صغيرة نائية. إنه لأمر مدهش أن شيئًا مكتوبًا منذ فترة طويلة يبقى حيًا كل هذه الفترة الطويلة من الزمن. فلم تكن هناك مطابع، وكان لا بد من نسخ الكلمات يدويًا بمشقة على ورق الرق واللفائف والطين وغيرها من أدوات الكتابة، وعندما تنتقل من شخص لآخر. يتلاشى حبر تلك المخطوطات، وتؤدي الحروب إلى ضياعها، وتتسبب

الحشرات والطقس في تآكلها. لدينا بشكل عام عدة نسخ فقط من تلك الكتابات، التي قامت أجيال من الأشخاص المهتمين بها بإصلاحها في وقت لاحق. وكلما زاد عدد النسخ التي يتم إصلاحها، زادت فرصة بقاء البعض منها.

وضعت أطروحات أبقراط أسس الطب الغربي، ولذلك ما يزال أبقراط يحتل مكانة خاصة. هناك ثلاثة مبادئ واسعة توجه الممارسة الطبية منذ عدة قرون. الأولى ما تزال تدعم الطب والعلوم الطبية: المبدأ الأول هو الاعتقاد الراسخ بأن الناس يصابون بالمرض جراء أسباب (طبيعية) لها تفسيرات منطقية.

قبل ظهور كتابات أبقراط، كان الاعتقاد السائد في اليونان والأراضي المجاورة لها، إن للمرض أسبابًا غيبية. نحن نمرض إما لأننا أسئنا إلى الآلهة، أو لأن شخصًا لديه قوى خارقة صب علينا لعناته، أو غضبه. وإذا تسبّب المشعوذون والسحرة والآلهة في إصابتنا بالمرض، فمن الأفضل اللجوء إلى الكهنة أو السحرة لمعرفة سبب حدوث المرض وأفضل طريقة لعلاجه.

كثير من الناس، حتى يومنا هذا، يستخدمون العلاج بالسحر، ويلجؤون إلى طرق العلاج الروحانية. لم تكن أطروحات أبقراط تتحدث عن العلاج الروحاني، فهي كتابات طبية، تؤمن أن المرض هو أمر طبيعي واعتيادي. تشير إلى ذلك بوضوح شديد إحدى هذه الأطروحات، وهي بعنوان المرض المقدس. كان هذا العمل القصير يدور حول الصرع، وهو اضطراب عصبي كان شائعًا كما هو الحال الآن: ونحن نعتقد إن كلًا من الإسكندر الأكبر

ويوليوس قيصر كانا مصابين به. يعاني الأشخاص المصابون بالصرع من نوبات يمكن أنْ يفقدوا الوعي خلالها ويحدث لهم ارتعاش عضلي، وتتكور أجسامهم. وفي بعض الأحيان، يتبولون على أنفسهم. وتدريجيًا، ينحسر الارتعاش ويستعيدون السيطرة على أجسامهم وقواهم العقلية. وفي الوقت الحاضر ينظر إلى أولئك الذين يعانون من الصرع على أنهم يعانون من نوبة (طبيعية)، وإن تكن مزعجة. لكن رؤية شخص ما أثناء نوبة صرع يمكن أنْ يكون مزعجًا إلى حدٍ كبير، وكان أمرٌ دراماتيكي ومثالي أن اليونانيين القدماء افترضوا أن وراء تلك النوبات المرضية سببًا إلهيًا. لذلك أطلقوا عليه اسم (المرض المقدس).

ولم يكن مؤلف أطروحة أبقراط يؤمن بوجود بشيء من هذا. حيث تنص الجملة الافتتاحية الشهيرة لأطروحته بصراحة، (أنا لا أعتقد أن) المرض المقدس هو أكثر إلهية أو قدسية من أي مرض آخر، بل على العكس، له خصائص محددة وأعراض محددة. ومع ذلك، ولأنه يختلف تمامًا عن الأمراض الأخرى، فقد كانوا يصفون المصاب بأن الآلهة زارته وينظرون إليه، من خلال كونهم بشرًا فقط، بجهل ودهشة. كانت نظرية المؤلف تشير إلى أن الصرع ناتج عن انسداد البلغم في الدماغ. ولكن مثل معظم النظريات في العلوم والطب، استبدلت بنظريات أفضل منها. لكن يمكن القول إن ذلك الإعلان الصريح والحازم – وهو إنه لا يمكن القول بأن المرض له سبب خارق للطبيعة لأنه ببساطة غير عادي أو غامض أو يصعب تفسيره – أصبح هو

المبدأ التوجيهي للعلم على مر العصور -. قد لا نفهمه الآن، ولكن بالصبر والعمل الشاق، يمكننا ذلك. وهذه الحجة هي واحدة من أقدم الأشياء التي وصلتنا من أطروحات أبقراط.

كان المبدأ الثاني من مبادئ أبقراط هو أن كلاً من الشعور بالصحة والمرض سببه (الأخلاط أو السوائل) في أجسادنا. (إن التعبير القديم هو أن شخص ما في حالة سيولة جيدة أو سيئة، يعني إنه في مزاج جيد أو سيئ). هذه الفكرة موضحة بشكل صريح في أطروحة له تتحدث حول طبيعة الإنسان، والتي ربما يكون قد كتبها. صهر أبقراط. تشير العديد من أطروحات أبقراط الأخرى إلى اثنين من السوائل - البلغم وعصارة الصفراء (التي يفرزها الكبد) - كأسباب للمرض. أما أطروحته حول طبيعة الإنسان فقد أضافت سائلين آخرين: هما الدم وعصارة أسود الصفراء (التي يفرزها الطحال). جادل المؤلف بأن هذه السوائل الأربعة تلعب أدوارًا أساسية في صحتنا، وعندما يختل توازنها (عندما يكون هناك الكثير أو القليل جدًا من واحد منها أو أكثر) يحدث المرض. ربما لاحظت سوائل جسمك عندما تكون مريضًا. فعندما نصاب بالحمى، تتصبب أجسادنا عرقًا. وعندما نصاب بنزلة برد أو سعال في الصدر، تخرج من أنوفنا السوائل ومن فمنا البلغم. عندما يكون لدينا اضطراب في المعدة، نتقيأ، والإسهال يطرد السوائل من المؤخرة. يمكن أنْ يتسبب كشط الجلد أو جرحه بحدوث نزيف. ومن الأمراض الأقل شيوعًا اليوم هو اليرقان، عندما يتحول الجلد إلى اللون الأصفر. يمكن

أنْ يكون سبب اليرقان العديد من الأمراض التي تصيب تلك الأعضاء التي تصنع السوائل الجسدية، بما فيها الملاريا، والتي كانت شائعة في اليونان القديمة.

ربطت هذه الأطروحات كل واحد من هذه الأخلاط مع عضو من أعضاء الجسم: الدم مع القلب، الصفراء مع الكبد، أسود الصفراء مع الطحال، والبلغم. مع الدماغ يعتقد مؤلف أطروحة (عن المرض المقدس) إن الصرع سببه تخثر البلغم في الدماغ. أما الأمراض الأخرى، وليست فقط نزلات البرد أو الإسهال التي تترافق مع تغيرات واضحة في السوائل، فكانت تترافق مع تغيرات في الأخلاط. ولكل من هذه الأخلاط خصائصه: الدم حار ورطب. البلغم بارد ورطب. الصفراء، حارة وجافة. وأسود الصفراء بارد وجاف. يمكن مشاهدة هذه الأنواع من الأعراض في المرضى: عندما ينزف الجرح دمًا، يكون الدم حارًا، وعندما نشعر بالبلل والبرد نشعر بالبرودة والارتعاش. (أعطى جالينوس، الذي طوّر أفكار أبقراط بعد حوالي 600 عام، نفس الخصائص من السخونة والبرودة والرطوبة والجفاف للأطعمة التي نتناولها، أو الأدوية التي قد نتناولها).

كان علاج جميع الأمراض هو استعادة توازن هذه الأخلاط وهو أفضل علاج لكل مريض. كان ذلك يعني أن الطب البدائي كان أكثر تعقيدًا من مجرد اتباع تعليمات إعادة كل سائل من هذه الأخلاط إلى حالته (الطبيعية). كان لدى كل مريض توازنه الصحي الخاص من الأخلاط، لذلك كان على الطبيب أنْ يعرف كل شيء عن مريضه: أين يعيش، ماذا يأكل، وكيف

يكسب رزقه. فقط من خلال معرفة مريضه بشكل جيد يمكنه أنْ يخبر المريض بما كان من المحتمل أنْ يحدث، أي، يعطيه تشخيصًا. عندما نكون مرضى، فان أكثر شيء نرغب به هو أنْ نعرف ما يمكن توقعه، وكيف يمكننا تحسين صحتنا. وأصبح لدى الأطباء الذين درسوا أطروحات أبقراط معلومات كثيرة ساعدتهم في تحسين القدرة على التنبؤ بما سيحدث. وتمكُنهم من ذلك زاد من سمعتهم وجعل الكثير من المرضى يتوافدون عليهم.

إن الطب الذي تعلمه أتباع أبقراط، ومن ثم علموه لتلاميذهم (غالبًا ما كانوا أبناءهم أو أصهارهم) اعتمد على الملاحظة الدقيقة للأمراض والأسلوب الذي اتبعوه. وقد كتبوا تجاربهم، في كثير من الأحيان على شكل ملخصات قصيرة تسمى (الأمثال). والأمثال كانت واحدة من أعمال أبقراط الأكثر استخدامًا من قبل الأطباء في وقت لاحق.

الأطروحة الثالثة المهمة عن الصحة والمرض تم تلخيصها بالعبارة اللاتينية vis medicatrix naturae والتي تعني قوة الطبيعة على الشفاء من الأمراض، فقد فسر أبقراط وأتباعه تحركات الأخلاط أثناء المرض كدليل على محاولة من الجسم لعلاج نفسه. لذلك كان ينظر إلى التعرّق، وإخراج البلغم، والتقيؤ، وخروج القيح كعلامة على قيام الجسم بطرد أو (طهي) (كانوا يستخدمون الاستعارات المطبخية كثيرًا) - الأخلاط. ويفعل الجسم هذا للتخلص من كميات الأخلاط الزائدة عن الحد أو تعديلها أو تنقيتها والتي تعرضت لتغييرات بسبب المرض.

ولذلك كان عمل الطبيب هو مساعدة الطبيعة في عملية الشفاء الطبيعية. كان الطبيب خادم الطبيعة، وليس سيدها، وإن جوهر عملية المرض يمكن معرفته عن طريق الملاحظة الدقيقة لما حدث بالضبط أثناء المرض. وفي وقت لاحق، صاغ أحد الأطباء مصطلح (المرض المحدود ذاتيًا) لوصف هذا الميل، وكلنا يعلم إن العديد من الأمراض تتحسن من تلقاء نفسها - في بعض الأحيان -، يمزح الأطباء فيما بينهم بأنهم إذا عالجوا مرضًا ما، فسيختفي خلال أسبوع، ولكن إذا لم يعالجوه، فسيستغرق اختفاؤه سبعة أيام. وبالتأكيد فإن أتباع أبقراط كانوا سيوافقون على ذلك.

وبالإضافة إلى أعمالهم الكثيرة في الطب والجراحة والنظافة والأوبئة، ترك لنا الأبقراطيون القَسم، الذي ما زال مصدر إلهام للأطباء حتى اليوم. تتعلق بعض بنود هذه الوثيقة القصيرة بالعلاقات بين الطالب الشاب وأستاذه، وفيما بين الأطباء. ومع ذلك، تتناول الكثير من بنودها السلوك الصحيح الذي يجب على الأطباء سلوكه مع مرضاهم. يجب عليهم ألّا يستغلوا مرضاهم أبدًا، أو يتحدثوا عن الأسرار التي قد يسمعونها من المرضى، أو يصفوا لهم السم. كل هذه القضايا ما تزال تُشكّل أخلاقيات مهمة في الوقت الحاضر، لكن إحدى عبارات (أبقراط) في القَسم تبدو خالدة أبد الدهر، سأستخدم طاقتي لمساعدة المرضى مستعينًا بأفضل ما امتلك من خبرات وحكمة. وسوف أمتنع عن استخدامها للإيذاء أو الإساءة لأي إنسان. يجب أنْ يكون (عدم إلحاق أي أذى بالمريض) هو غاية كل طبيب.

الفصل الخامس



أرسطو سيد العارفين

يقول أرسطو: ((كل الرجال بطبيعتهم يرغبون في المعرفة)). ربما قابلت شخصًا مثل هذا، يحرص دائمًا على معرفة المزيد. وربما صادفك أيضًا أشخاص يعرفون كل شيء فمات لديهم الفضول.

ظل ذلك الشي مهمًا دائمًا عند أرسطو. كانت وجهة نظره المفعمة بالأمل تشير إلى أن الناس سوف يسعون جاهدين للحصول على المعرفة حول أنفسهم والعالم. نعلم، للأسف، إن هذا ليس هو الحال دائمًا.

أمضى أرسطو حياته كلها في التعلم والتعليم. ولد في عام 384 قبل الميلاد، في، اليونان. في مدينة ستاغيرا في تراقيا (والتي تعرف حاليًا في اليونان باسم كالكيديكي) كان ابنا لطبيب، ولكن منذ

سن العاشرة، قام بروكسينوس الذي أصبح وصيًا عليه بعد وفاة والده بالاعتناء به وبتعليمه.

عندما بلغ أرسطو السابعة عشرة من عمره، ذهب إلى أثينا للدراسة في أكاديمية أفلاطون الشهيرة. مكث هناك لمدة عشرين عامًا. على الرغم من أن أسلوب أرسطو في العالم الطبيعي كان مختلفًا تمامًا عن أسلوب أفلاطون، إلّا أن أرسطو كان مولعًا جدًا بمعلمه وكتب عن أعماله بحب بعد وفاة أفلاطون عام 347 قبل الميلاد. يقول البعض إن تاريخ الفلسفة الغربية هو عبارة عن سلسلة من هوامش كتب أفلاطون. وهذا يعني أن أفلاطون أثار العديد من الأسئلة التي ما زال الفلاسفة يفكرون بها. ما هي طبيعة الجمال؟ ما هي الحقيقة أو المعرفة؟ كيف يمكننا أنْ نكون طيّبين؟ كيف يمكننا تنظيم مجتمعاتنا بشكل أفضل؟ من الذي يضع القواعد التي نعيش بها؟ ما الذي تخبرنا به تجاربنا عن الأشياء الموجودة في العالم عن حقيقتها فعلاً؟

كان أرسطو مفتونًا أيضًا بالعديد من هذه الأسئلة الفلسفية، لكنه كان يميل إلى الإجابة عنها بطريقة يمكن أنْ نطلق عليها اسم (علمية). لقد كان، مثل أفلاطون، فيلسوفًا، لكنه كان فيلسوفًا طبيعيًا، وهو ما نسميه (عالِمًا). كان فرع الفلسفة الذي يثير حماسه أكثر هو المنطق - كيف يمكننا التفكير بشكل أكثر وضوحًا -. كان دائمًا مشغولاً بالعالم من حوله، بالأرض والسماء، وبطريقة تغير الأشياء في الطبيعة.

لقد ضاع الكثير مما كتبه أرسطو، لكننا محظوظون لأن لدينا بعض ملاحظاته وحلقاته الدراسية. غادر أثينا بعد وفاة أفلاطون، ربما لأنه شعر بعدم الأمان كأجنبي هناك. أمضى عدة سنوات في مدينة أسوس (التي تقع الآن في تركيا)، حيث أسس مدرسة، وتزوج من ابنة الحاكم المحلي، وبعد وفاتها، عاش مع فتاة من الغانيات أنجبت له ابنة، تدعى نيكوماشوس. هنا بدأ أرسطو أبحاثه البيولوجية، والتي واصلها في جزيرة ليسبوس. في عام 343 قبل الميلاد، تولى أرسطو وظيفة مهمة جدًا: وهي تدريس الأسكندر الأكبر، في مقدونيا (وهي الآن دولة منفصلة شمال اليونان). كان يأمل في تحويل تلميذه إلى حاكم ذو حس فلسفي؛ فلم ينجح، لكن الاسكندر كان يحكم الكثير من أراضي العالم المعروف آنذاك، بما في ذلك أثينا، مما مكن أرسطو من العودة بأمان إلى تلك المدينة. وبدلاً من العودة إلى أكاديمية أفلاطون، أسس أرسطو مدرسة جديدة خارج أثينا. كان فيها ممر عام يمشي فيه الطلبة وأساتذتهم يسمى (peripatos باليونانية).

لذلك أصبح أتباع أرسطو يعرفون باسم المشائين أو الذين ينتقلون من مكان إلى آخر وهو لقب يشير إلى مقدار ما كان ينقل أرسطو نفسه من مكان إلى آخر. بعد وفاة ألكسندر، فقد أرسطو دعمه في أثينا، لذلك انتقل للمرة الأخيرة، إلى، مدينة خالكيس اليونانية، حيث توفي بعد ذلك بوقت قصير.

سيكون أرسطو مرتبكًا إذا ما تمّ وصفه بأنه عالِم. لقد كان ببساطة فيلسوفًا بالمعنى الحرفي للكلمة: عاشق للحكمة. لكنه

أمضى حياته في محاولة لفهم العالم من حوله، وبطرق نرغب أنْ نصفها الآن بالعلمية. لقد أثّرت رؤيته للأرض ومخلوقاتها والسماوات المحيطة بها، في فهمنا لأكثر من 1500 سنة. لقد تفوق أرسطو جنبًا إلى جنب مع جالينوس، على جميع المفكرين القدماء. بالطبع فإنه بنى على ما مضى، لكنه لم يكن فيلسوفًا متعاليًا. لقد انخرط بالفعل مع العالم المادي عندما كان يحاول فهمه.

يمكننا تقسيم أبحاثه العلمية إلى ثلاثة أجزاء: العالم الحي (النباتات والحيوانات، بما في ذلك البشر)؛ طبيعة التغيير، أو الحركة، التي يرد جزء كبير منها في أحد أعماله التي كانت بعنوان الفيزياء؛ والجزء الثالث هو بنية السماوات، أو علاقة الأرض بالشمس والقمر والنجوم والأجسام السماوية الأخرى.

قضى أرسطو الكثير من الوقت في دراسة كيفية نشوء النباتات والحيوانات وكيفية عملها. أراد أنْ يعرف كيف تتطور قبل الولادة أو أثناء عملية التفقيس أو الإنبات، ثم كيف تنمو. لم يكن لديه مجهر، ولكن بصيرته كانت ممتازة. ووصف ببراعة طريقة مراحل نمو فرخ الدجاجة داخل البيضة. وبعد أنْ قام بترقيد مجموعة من البيض، كان يكسر واحدة في كل يوم. وكانت العلامة الأولى على الحياة التي يراها هي عبارة عن بقعة صغيرة من الدم تنبض والتي ستصبح فيما بعد قلب الفرخ. هذا الأمر أقنعه أن القلب هو العضو الرئيس في الحيوانات. كان يعتقد أن القلب هو مركز العاطفة وما نسميه بالحياة العقلية. أما أفلاطون (وأبقراط) فقد حددوا مكان هذه الوظائف النفسية في

الدماغ، وكان ذلك صحيحًا. ومع ذلك، عندما نكون خائفين، أو عصبيين، أو في حالة حب، تدق قلوبنا بشكل أسرع، لذا فإن نظرية أرسطو لم تكن خاطئة تمامًا. كما أن أرسطو عزا تصرفات الحيوانات الأرقى، مثل البشر، إلى أنشطة (الروح)، التي لها تشكيلات أو وظائف مختلفة. في البشر، إن الروح تمتلك ست قدرات رئيسة وهي: التغذية والتكاثر، والإحساس، والرغبة، والحركة، والخيال والعقل.

جميع الكائنات الحية لديها بعض من هذه القدرات. النباتات، على سبيل المثال، يمكن أنْ تنمو وتتكاثر؛ يمكن للحشرات مثل النمل أيضًا التحرك والشعور. الحيوانات الأخرى الأكبر حجمًا والأكثر ذكاءً تمتلك المزيد من الوظائف، لكن أرسطو كان يعتقد أن البشر وحدهم هم الذين يستطيعون التفكير - أي يمكنهم التفكير والتحليل واتخاذ قرار بشأن مسار العمل. وهكذا كان البشر يتربعون على قمة ما كان يدعوه أرسطو (مقياس الطبيعة) أو (سلسلة الوجود). كان هذا نوعًا من السلم الذي يضم ترتيبًا لجميع الكائنات الحية، بدءًا من النباتات البسيطة ويبدأ بالصعود. هذه الفكرة تمّ تناولها مرارًا وتكرارًا من قبل علماء الطبيعة المختلفين، الذين يدرسون الطبيعة، وخاصة النباتات والحيوانات. سنبحث في ذلك في الفصول اللاحقة.

كانت لدى أرسطو طريقة جيدة في النظر إلى ما تقوم بعمله الأجزاء المختلفة من النبات أو الحيوان، مثل الأوراق أو الأجنحة أو المعدة أو الكلى. وافترض أن بنية كل جزء قد تمّ تصميمها

لتتناسب مع وظيفة معينة. وهكذا، تمّ تصميم الأجنحة للطيران، والمعدة لهضم الطعام، والكلى لمعالجة البول. ويطلق على هذا النوع من الاستدلال بالتليولوجي (الغائي): والتيلو معناه الهدف النهائي، وتركز طريقة التفكير هذه على ماذا تشبه الأشياء أو ماذا تفعله. فكر في كوب، أو زوج من الأحذية. كلاهما يمتلك الشكل الذي لديه لأن الشخص الذي صنعه كان لديه غرض محدد في ذهنه: احتجاز السوائل للشرب، وحماية القدمين أثناء المشي. سيظهر التفكير الغائي لاحقًا في الكتاب، ليس فقط في توضيح سبب امتلاك النباتات أو الحيوانات للأجزاء المختلفة التي تعمل بها، ولكن في العالم المادي الأوسع أيضًا.

تظهر النباتات وتولد الحيوانات ثم تنمو ثم تموت. تأتي الفصول وتذهب بانتظام. إذا أسقطّ شيئًا، فإنه يقع على الأرض. أراد أرسطو شرح مثل هذه التغييرات. كانت هناك فكرتان هامتان بالنسبة له: (القدرات) و(الواقعية). قد يخبرك المعلمون أو أولياء الأمور بأن تصل إلى أعلى قدراتك: وهذا يعني عادة شيئًا مثل الحصول على أفضل علامات ممكنة في الاختبار، أو خوض سباق معين بأسرع ما يمكن. هذا جزء من فكرة أرسطو، لكنه رأى نوعًا مختلفًا من القدرات في الأشياء. في نظره، فإن كومة من الطوب لديها القدرة على أنْ تصبح منزلاً، ووجود كتلة من الحجر لها القدرة على أنْ تكون تمثالاً. إن البناء والنحت يقومان بتحويل هذه الأشياء الجامدة من كونها تمتلك نوعًا من القدرات إلى نوع من الأشياء المنتهية، أو (الواقعية). الواقعية تمثل نقطة

النهاية بالنسبة للقدرات والإمكانيات، عندما تصل الأشياء ذات الإمكانات إلى (حالتها الطبيعية). على سبيل المثال، عندما تسقط الأشياء، مثل سقوط التفاح من شجرة تفاح، اعتقد أرسطو إنها تبحث عن حالتها (الطبيعية)، الموجودة على الأرض. لن تنبت للتفاحة أجنحة فجأة وتطير، لأن غايتها هي وكل الأشياء الأخرى في عالمنا هي الأرض، والتفاح الطائر سيكون أمرًا غير طبيعي للغاية. قد تستمر هذه التفاحة في التغير فهي سوف تتعفن، إذا لم يلتقطها أحد ما ويأكلها، لأن ذلك يعتبر أيضًا جزءًا من دورة نمو وتفكك التفاح. ولكن فقط عن طريق السقوط تكون قد حققت نوعًا من الواقعية. حتى الطيور تعود إلى الأرض بعد أنْ تحلق في السماء.

إذا كان مكان الراحة (الطبيعي) موجودًا على الأرض الصلبة، فماذا عن القمر والشمس والكواكب والنجوم؟ قد تكون كلها هناك، مثل تفاحة معلقة في شجرة، أو صخرة على حافة جبلية، لكنها لا تسقط على الأرض. هذا شيء جيد أيضًا. كان رد أرسطو بسيطًا. يحدث التغيير في القمر دائمًا نزولاً إلى الأسفل،؛ هذا لأن العالم يتكون من العناصر الأربعة: النار والهواء والتراب والماء (وخصائصها: النار الساخنة والجافة والهواء الحار والرطب، والأرض الباردة والجافة، والمياه الباردة والرطبة). ولكن فوق القمر، تتم الأمور بدلاً من ذلك بواسطة العنصر الخامس غير المتغير، وهو ما يسميه بالجوهر (الجوهر الخامس). تتحرك الأجسام الثقيلة إلى الأبد في حركة دائرية

منتظمة. يشغل عالم أرسطو حيزًا ثابتًا ولكن لا يشغل زمنًا ثابتًا. تتحرك الشمس والقمر والنجوم إلى الأبد حول الأرض، التي تطفو في وسط كل شيء. نجد هنا مفارقة جميلة، بالنسبة للأرض، التي تمثل المركز، فهي أيضًا الجزء الوحيد من الكون الذي يمكن أنْ يحدث فيه التغيير والانحلال.

ما سبب كل هذه الحركة حول الأرض في المقام الأول؟ كان أرسطو مهتمًا جدًا بالسبب. طور خطة لمحاولة شرح الأسباب من خلال تقسيمها إلى أربعة أنواع. وقد سميت هذه القضايا بالأسباب المادية والشكلية والفعالة والنهائية، وكان يعتقد إن الأنشطة البشرية، وكذلك ما يحدث في العالم، يمكن تفكيكها وفهمها بهذه الطريقة. فكر في صنع تمثال من كتلة من الحجر. الحجر نفسه هو السبب المادي، والمادة التي صنع منها. الشخص الذي يصنع التمثال يرتب الأشياء بطريقة معينة، بحيث يتشكل التمثال. السبب الفعال هو عمل الإزميل في الحجر لصنع الشكل. السبب الأخير هو الفكرة التي كان النحات يحملها في ذهنه - شكل كلب أو حصان على سبيل المثال - والذي كان مخططًا لكامل النشاط أنْ يبدأ به.

كان العلم يبحث دائمًا عن الأسباب. يريد العلماء معرفة ما يحدث ولماذا. ما الذي يجعل الخلية تبدأ بالانقسام إلى ما لا نهاية، ونتيجة لذلك يكون الشخص مصابًا بسرطان؟ لماذا يتحول لون أوراق الشجر إلى اللون البني والأصفر والأحمر في الخريف، بينما كانت خضراء طوال الصيف؟ لماذا ينتفخ الخبز عندما تضيف

إليه الخميرة؟ يمكن الإجابة على هذه الأسئلة والعديد من الأسئلة المشابهة من خلال وجود (أسباب) مختلفة. في بعض الأحيان تكون الإجابات بسيطة جدًا. وفي بعض الأحيان تكون معقدة للغاية. في الغالب، يتعامل العلماء مع ما يسميه أرسطو الأسباب الكامنة، ولكن الأسباب المادية والشكلية هي أيضًا مهمة. الأسباب النهائية تثير مجموعة مختلفة من القضايا. في التجارب العلمية اليوم، يكتفي العلماء بشرح العمليات بدلًا من البحث عن تفسير شامل أو أوسع، هذا الأمر يتعلق أكثر بالدين أو الفلسفة.

في القرن الرابع قبل الميلاد، اعتقد أرسطو إن هذه الأسباب النهائية كانت جزءًا من الصورة. وبالنظر إلى الكون ككل، قال إنه يجب أنْ يكون هناك سبب نهائي يتسبب في بدء عملية الانتقال بأكملها، أطلق عليه وصف (المحرك غير المتحرك)، وبعد ذلك حددت العديد من الأديان (المسيحية واليهودية والإسلام، على سبيل المثال) هذه القوة بالخالق رب العالمين. كان هذا أحد الأسباب وراء استمرار الاحتفاء بأرسطو كمفكر عظيم. فقد خلق رؤية عالمية هيمنت على العلم لما يقرب من ألفي سنة.

الفصل السادس



جالينوس طبيب الإمبراطور

كان جالينوس (129 -. 210م) ذكيًا جدًا ولم يكن يخشى قول ذلك. كان يخربش على الورق كثيرًا وبشكل مستمر، وكانت كتاباته مليئة بالحديث عن أفكاره وإنجازاته. وقد وصلتنا معظم كتاباته أكثر من أي كاتب آخر من العصور القديمة، مما يثبت أن الناس كانت تقدر أعماله عاليًا جدًا. ولديه 20 مجلدًا ضخمًا يمكنك قراءتها، وقد كتب في الواقع غيرها الكثير. لذلك نحن نعرف عن جالينوس أكثر مما نعرفه عن معظم المفكرين القدماء. لا يضر أن جالينوس كان يعشق الكتابة عن نفسه أيضًا.

ولد جالينوس في مدينة بيرغاموم، وهي الآن جزء من تركيا ولكن في ذلك الحين كانت تقع على أطراف الإمبراطورية الرومانية. كان والده مهندسًا معماريًا ناجحًا كرس وقته لرعاية

ابنه الموهوب، حيث وفّر له تعليمًا جيدًا (بالإغريقية) شمل الفلسفة والرياضيات. من يعرف ماذا كان سيحدث لو لم يكن لدى والده حلم قوي، أخبره لابنه بأنه يجب أنْ يصبح طبيبًا؟ غير جالينوس دراسته نحو الطب. بعد وفاة والده الذي تركه في حالة ميسورة، قضى عدة سنوات في السفر والتعلّم وقضاء الوقت في المكتبة والمتحف الشهير في الإسكندرية في مصر.

وبالعودة إلى بيرغامام أصبح جالينوس طبيبًا للغلادياتور أو المُصارعين – وهم الأشخاص الذين كان يتم اختيارهم للترفيه عن المواطنين من خلال قتال بعضهم البعض، أو من خلال مواجهة الأسود والوحوش الأخرى في ساحة كبيرة تسمى. بالحلبة وكان الاهتمام بهم وظيفة مهمة، حيث كان أولئك المساكين بحاجة إلى من يعتني بهم بين جولات العروض حتى يتمكنوا من مواصلة القتال، كان جالينوس بحسب قوله شخصًا ناجحًا للغاية. فقد امتلك خبرة مميزة في العلاج الجراحي للجروح. واكتسب أيضًا سمعة كبيرة بين الأغنياء، وفي حوالي عام 160 بعد الميلاد، انتقل إلى روما، عاصمة الإمبراطورية الرومانية. وبدأ الكتابة في علم التشريح (دراسة بنية أعضاء أجسام البشر والحيوانات) وعلم وظائف الأعضاء (دراسة وظائف تلك الاعضاء). كما رافق الإمبراطور ماركوس أوريليوس في إحدى حملاته العسكرية. كان الإمبراطور قد وضع مؤلفًا شهيرًا عرف بالتأملات وكان الرجلان يتباحثان في الفلسفة خلال تلك الحملة الطويلة. كان ماركوس أوريليوس يقدر غالينوس، واستفاد غالينوس من

دعم الإمبراطور. فكان يتدفق عليه بشكل مستمر عدد من المرضى المهمين وإذا ما صحت أحاديث جالينوس، فقد كان يشفيهم دائمًا.

كان أبقراط يمثل قدوة جالينوس في مجال الطب، على الرغم من أنه مات منذ أكثر من 500 عام. كان جالينوس يرى نفسه مكملاً وامتدادًا لإرث (المعلم)، وهذا، في نواح كثيرة، هو بالضبط ما فعله. كتب تعليقات على العديد من أعمال أبقراط، وكان يعتقد أن الأعمال التي اتفقت بشكل وثيق مع وجهات نظره هي تلك التي كتبها أبقراط بنفسه، وما تزال تعليقاته على أبقراط قيّمة، ليس أقلها أن جالينوس كان لغويًا خبيرًا يراقب جيدًا معاني الكلمات المتغيرة. الأهم من ذلك، إنه وضع عقيدة أبقراط عن الأخلاط في الشكل الذي تم استخدامها به لأكثر من ألف سنة. فتخيل كم كان مؤثرًا!

كانت فكرة توازن الأخلاط وعدم توازنها تمثل مسألة جوهرية في ممارسة جالينوس الطبية. ومثل أبقراط، كان يعتقد أن الأخلاط الأربعة - الدم، والصفراء، وأسود الصفراء والبلغم - كانت بطرق معينة ساخنة أو باردة ورطبة أو جافة. ولعلاج أحد الأمراض، نختار علاجًا (معاكسًا) لطبيعتها، ولكن بنفس الشدة أيضًا، لذا فإن الأمراض التي كانت ساخنة ورطبة من الدرجة الثالثة، يمكن علاجها بعلاج بارد وجاف من الدرجة الثالثة. وعلى سبيل المثال، إذا كان المريض مصابًا بسيلان الأنف وتصيبه القشعريرة والجفاف، فتستخدم لعلاجه

الأدوية التي تبعث الدفء في جسده مع الطعام الساخن. من خلال إعادة التوازن بين الأخلاط، يمكنك استعادة حالة صحية (محايدة). وكان هذا كله منطقيًا وبسيطًا للغاية، لكن في الواقع كانت الأمور أكثر تعقيدًا. فبقي الأطباء بحاجة إلى معرفة الكثير عن مرضاهم، ووصف علاجاتهم بعناية. وسرعان ما كان جالينوس يشير بسرعة إلى أن الأطباء الآخرين أخطأوا (وهو ما كان أمرًا كثير الحدوث) حتى يعرف الجميع أن تشخيصه وعلاجاته كانت أفضل. كان طبيبًا داهية، يسعى إليه الكثيرون وكان يولي اهتمامًا كبيرًا للجوانب النفسية والجسدية للصحة والمرض. وشخّص ذات مرّة حالة من (مرض العشق)، عندما جاءته شابة بدت ضعيفة ومتوترة بعد حضورها حفلة في المدينة رقص فيها شاب وسيم.

ووقعت في غرامه، ابتكر جالينوس ممارسة قياس نبض المريض – وهو أمر ما يزال الأطباء يفعلونه. وكتب أطروحة حول كيف يمكن للنبض – إذا كان بطيئًا أو سريعًا أو قويًا أو ضعيفًا أو منتظمًا أو غير منتظم – أن يكون مفيدًا في تشخيص المرض، على الرغم من أنه لم يكن لديه أي فكرة عن دوران الدم.

كان جالينوس أكثر اهتمامًا بالتشريح من أتباع أبقراط. فكان يكشف على جثث الحيوانات الميتة ويتفحص الهياكل العظمية البشرية حيثما استطاع. كان تشريح الجثث البشرية أمرًا مستهجنًا في المجتمعات القديمة، لذا لم يستطع جالينوس فعل ذلك، على الرغم من أننا نعتقد إنه ربما تم السماح لعدد قليل من الأطباء في

السابق بفحص أجساد المجرمين المدانين عندما كانوا لا يزالون على قيد الحياة تعلم جالينوس التشريح البشري من خلال ممارسته تشريح الحيوانات، مثل الخنازير والقردة، أوعندما يكون محظوظًا فتسنح له فرصة - اكتشاف جثة متحللة أو معالجة شخص تعرض إلى إصابات شديدة أظهرت بنية الجلد والعضلات والعظام الموجودة في جسمه. ما يزال العلماء يستخدمون الحيوانات في أبحاثهم، لكن يجب أنْ يكونوا منتبهين إلى ضرورة التأكد من مصدر معلوماتهم. غالبًا ما نسى (جالينوس) أنْ يذكر من أين حصل على معلوماته، الأمر الذي قد يسبب بعض الارتباك.

كان التشريح، بالنسبة لجالينوس، موضوعًا مهمًا في حد ذاته، ولكنه كان أيضًا أمرًا أساسيًا لفهم ما تفعله أجهزة الجسم في الواقع. واحدة من أكثر أطروحاته تأثيرًا كانت تلك المعنونة حول استخدامات الأعضاء في الجسم البشري، والتي بحثت في بنية (الأعضاء)، أو الأجهزة في الجسم، وما هو الدور الذي لعبته في عمل جسم الإنسان ككل. افترض جالينوس، كماهو حالنا، إن كل جزء يقوم باداء وظيفة معينة، وإلّا فإنه لن يكون موجودًا. أشك إنه تعرف على الزائدة الدودية لدى الإنسان من قبل. وهي ذلك الجزء الصغير من جهازنا الهضمي الذي كان طويلاً إلى حد ما، وساعدنا في السابق على هضم النباتات، ولكن لم يعد له وظيفة بعد الآن.

في وسط جميع الوظائف الجسدية كانت هناك مادة أساسية أطلق عليها اليونانيون اسم (Pneuma) وهي لا تترجم بسهولة

فهي يمكن أنْ تعني (الـروح)، ولكنها تتضمن أيضًا فكرة (الهواء)؛ وقد أدت إلى ظهور مصطلحات طبية مختلفة في وقتنا الحاضر، مثل pneumonia (الالتهاب الرئوي).

بالنسبة لجالينوس، احتوى الجسم على ثلاثة أنواع من الروح، وفهم الوظائف التي كانت تقوم بها كان أمرًا ضروريًا لفهم كيفية عمل الجسم البشري. كان النوع الأساسي من هذه المادة يرتبط بالكبد، وكان يهتم بالتغذية. كان جالينوس يعتقد إن الكبد يستطيع سحب هذه المادة من المعدة بعد تناولها وهضمها، وتحويلها إلى دماء ثم ضخها على شكل روح (طبيعية). بعد ذلك يتدفق هذا الدم من الكبد عبر الأوردة إلى جميع أنحاء الجسم، لتغذية العضلات والأعضاء الأخرى.

وتنتقل بعض هذه الدماء من الكبد من خلال وريد كبير، يسمى الوريد الأجوف، إلى القلب حيث تتم تصفيته بشكل أكبر من خلال روح أخرى، تدعى (بالحيوية)، يشترك القلب والرئتين معًا في هذه العملية، وينتقل بعض الدم عبر الشريان الرئوي (من الجانب الأيمن للقلب) إلى الرئتين. وبذلك تتم تغذية الرئتين ويختلط أيضًا مع الهواء الذي نتنفسه من خلال الرئتين. وفي الوقت نفسه، ينتقل بعض الدم في القلب من اليمين إلى اليسار من خلال الجزء الأوسط من القلب (الحاجز). ويكون هذا الدم أحمر قانيًا، لأن غالينوس كان يعتقد إن الروح الحيوية قد اندمجت فيه. (لاحظ جالينوس إن لون الدم في الشرايين يختلف عن لونه في الأوردة). يخرج الدم من الجانب الأيسر من

القلب، عبر الشريان الأورطي، الشريان الكبير الذي يأخذ الدم من الجانب الايسر من القلب، أو ما يسمى بالبطين، من أجل تدفئة الجسم، على الرغم من تقديره لأهمية الدم في حياة الفرد، لم يكن لدى جالينوس أي إحساس بأن هناك دورة دموية، كما كان على ويليام هارفي اكتشافه بعد ما يقرب من 1500 سنة.

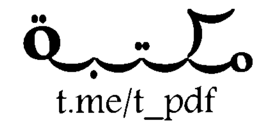
في مخطط جالينوس، يذهب بعض الدم من القلب إلى الدماغ أيضًا، حيث يتم مزجه مع النوع الثالث من هذه المادة، وهو روح (الحيوان). وهذا هو النوع الأكثر روعة من الروح. فهو يعطى للدماغ وظائفه الخاصة من خلال تدفقه عبر الأعصاب، مما يمكننا من التحرك باستخدام عضلاتنا وتجربة العالم الخارجي باستخدام حواسنا.

استخدم نظام جالينوس للروح المكونة من ثلاثة أجزاء، والمرتبط كل منها بالأعضاء الهامة (الكبد والقلب والدماغ) لأكثر من ألف عام. من الجدير بالذكر أن جالينوس استخدم هذا النظام في المقام الأول لشرح كيفية عمل أجسامنا عندما نكون بصحة جيدة. وعندما كان الأمر يتعلق بالأشخاص المرضى، فإنه استمر في الاعتماد على نظام الأخلاط الذي وضعه أبقراط.

كما كتب جالينوس عن معظم جوانب الطب الأخرى، مثل الأدوية وخصائصها، والأمراض التي تصيب أعضاء معينة مثل الرئتين، وعن النظافة، وكيفية الحفاظ على الصحة، والعلاقة بين عقولنا وأجسادنا. كان تفكيره متطور جدًا. في الواقع، كان يعتقد إن الطبيب يجب أنْ يكون فيلسوفًا وباحثًا: مفكرًا ومُجربًا.

وجادل بأن الطب يجب، أنْ يكون قبل كل شيء، علمًا عقلانيًا، وقد أولى الكثير من الاهتمام إلى أفضل الطرق للحصول على معرفة مفيدة وموثوقة. في وقت لاحق، أحبّ الأطباء، الذين اعتبروا أنفسهم أيضًا أشخاصًا يدرسون العلم، مزيج جالينوس من النصائح العملية (المبنية على خبرته الواسعة) والتفكير الواسع. لم يكن لأي طبيب غربي على مدى التاريخ مثل هذا التأثير الذي استمر لفترة طويلة.

هناك عدة أسباب لاستمرار تأثير جالينوس فترة طويلة. أولًا، إنه كان يحترم أرسطو بشكل كبير جدًا، بحيث كانا يتحدثان في الغالب معًا. وعلى غرار أرسطو، كان جالينوس مفكرًا عميقًا وباحثًا نشطًا في أمور العالم من حوله. وكلاهما كان يعتقد إن هذا العالم قد تمّ خلقه، وأثنيا على الخالق. لم يكن جالينوس مسيحيًا، لكنه آمن بإله واحد، وكان من السهل على الكتّاب المسيحيين الأوائل أنْ يدرجوه ضمن أتباع المسيحية. كانت ثقته بنفسه وتعني أن لديه إجابة عن كل شيء. ومثل معظم الناس الذين يكتبون العديد من الكتب على مدى فترة طويلة، لم يكن دائمًا متسقًا، لكنه كان دائمًا محددًا في آرائه. كان يشار إليه لاحقًا باسم (جالينوس الإلهي)، الأمر الذي كان يفتخر به.



الفصل السابع



العلم في الإسلام

لم يعش جالينوس ليرى تراجع الإمبراطورية الرومانية، ولكنها بحلول عام 307م انشطرت إلى قسمين. نقل الإمبراطور الجديد، قسطنطين (280 – 337)، مقر حكمه إلى الشرق – إلى القسطنطينية، والتي تسمى الآن اسطنبول في تركيا الحديثة. وبذلك سيكون أقرب إلى الجزء الشرقي من الإمبراطورية، وهي الأراضي التي نطلق عليها الآن اسم الشرق الأوسط. وبدأت طرق التعليم والحكمة الواردة في الكتابات اليونانية واللاتينية، وكذلك العلماء الذين كانوا قادرين على دراستها بالانتقال نحو الشرق.

ظهر دين جديد في الشرق الأوسط: إنه الإسلام، الذي كان يتبع تعاليم النبي محمد (570 – 632م). سيهيمن الإسلام على معظم الشرق الأوسط وشمالي أفريقيا، ويصل حتى إلى أسبانيا

وشرقي آسيا، لكن في القرنين اللذين أعقبا وفاة محمد، أصبح الدين الجديد محصورًا إلى حد كبير في بغداد والمدن الأخرى في المنطقة. درس جميع العلماء المسلمين القرآن، وهو النص الديني الأساسي للإسلام. ومع ذلك، كان العديد منهم مهتمين بالمخطوطات العديدة التي تمّ إحضارها إلى هناك بعد أنْ تعرضت روما للهجوم في عام 455. وقد تمّ تأسيس (بيت الحكمة) في بغداد، مما شجع الشباب الطموح على المشاركة في ترجمة ودراسة هذه المخطوطات القديمة.

كان العديد من المخطوطات القديمة ما تزال مكتوبة بلغتيها اليونانية واللاتينية الأصلية، ولكن البعض الآخر كان قد ترجم بالفعل إلى لغات الشرق الأوسط. تمت ترجمة جميع أعمال أرسطو وأقليدس وجالينوس وغيرهم من المفكرين اللذين عاشوا في اليونان القديمة – وهو أمر ممتاز أيضًا، حيث اختفت بعض النسخ الأصلية منذ ذلك الحين. وبدون علماء الإسلام، لم نكن نعرف نصف ما نعرفه عن أسلافنا من العلماء. وأكثر من ذلك: فان ترجماتهم هي التي شكّلت أساس العلم والفلسفة الأوروبية بعد حوالي ألف ومئة عام.

امتدت العلوم الإسلامية إلى الشرق والغرب، تمامًا كما فعلت أراضي الدولة الإسلامية. كان أرسطو وجالينوس محط إعجاب العالم الإسلامي مثلما كانا في أوروبا. شق أرسطو طريقه نحو الفلسفة الإسلامية، وأصبح جالينوس أستاذ النظرية والممارسة الطبية. في هذه الأثناء، تمّ نقل الأفكار من الهند والصين إلى

الغرب. وسهل الورق المصنوع في الصين عملية كتابة المخطوطات بشكل كبير، على الرغم من أنه كان لا يزال يتعين نسخها باليد، وكانت الأخطاء شائعة. من الهند جاءت الأرقام من 1 إلى 9، ومفهوم الصفر، والتقريب، كل تلك الأشياء اخترعها علماء الرياضيات الهنود. كان الأوروبيون يقومون بإجراء الحسابات باستخدام الأرقام الرومانية، مثل: I وII وIII، ولكن الأمر كان صعبًا حتى لو كانت تلك هي الطريقة التي اعتادوا عليها IV × XII بدلا من 4x12 فمن السهولة أنْ تكتب. أليس كذلك؟

عندما ترجم الأوروبيون أعمالًا إسلامية إلى اللاتينية، أطلقوا على هذه الأرقام اسم (العربية) - ولكن بالمعنى الدقيق للكلمة، كان ينبغي أنْ يكون قد قالوا (الارقام الهندية - العربية)، ولكن يا لها من كلمة صعبة! كلمة (الجبر) جاءت في الواقع من مصطلح الجبر، وهو عنوان كتاب مترجم على نطاق واسع ألفه عالم رياضيات عربي في القرن التاسع. هناك المزيد من الحديث عن الجبر في الفصل الرابع عشر.

قام علماء الإسلام بالعديد من الاكتشافات والملاحظات المهمة. إذا سبق لك أنْ تسلقت أحد الجبال، أو ذهبت إلى بلد مرتفع فوق مستوى سطح البحر، لا بد إنك اكتشفت أن التنفس يصبح أكثر صعوبة لأن الهواء يكون أكثر خفة. ولكن إلى أي ارتفاع عليك الذهاب قبل أنْ يتعذر عليك التنفس تمامًا؟ وبعبارة أخرى، كم يبلغ ارتفاع الغلاف الجوي، أي حزام الهواء الصالح للتنفس الذي يحيط بالكرة الأرضية؟ اكتشف العالم ابن

معاذ، في القرن الحادي عشر، طريقة ذكية لمعرفة ذلك. وأثبت إن الشفق - أي عندما تغيب الشمس، ولكن السماء ما تزال مضيئة - يحدث لأن بخار الماء المرتفع في الغلاف الجوي يعكس أشعة الشمس وقت الغروب. (كان كثير من العلماء المسلمين مهتمين بمثل هذه الأمثلة من خداع البصر) وبعد ملاحظته كيف أن الشمس تختفي من السماء في المساء، أثبت أن الشمس عند الشفق تكون بدرجة 19 تحت الأفق. من هناك، حسب أن ذروة ارتفاع الغلاف الجوي كان 52 ميلاً - وهو رقم لا يختلف كثيرًا عن ارتفاع 62 ميلاً، الذي نعتقد في وقتنا الحاضر إنه صحيح ورغم بساطة هذه العملية، لكنها مؤثرة جدًا.

قام باحثون إسلاميون آخرون بفحص انعكاس الضوء في المرآة، أو الأثر الغريب للضوء الذي يمر عبر الماء. (ضع قلم رصاص في كأس ماء نصف مملوء: سيبدو منكسرًا، أليس كذلك؟) افترض معظم الفلاسفة اليونانيين أن رؤية الأشياء تكون عن طريق خروج ضوء من العين، يصيب الجسم الذي ننظر إليه، ويرتد إلى الخلف. فضّل علماء الإسلام في الغالب النظرة الأكثر حداثة، وهي أن العين تستقبل الضوء من الأشياء التي نراها، والتي يفسرها الدماغ. بخلاف ذلك، كما أشاروا، لماذا لا يمكننا أنْ نرى في الظلام؟

لقد كان الكثيرون في الشرق الأوسط يحدقون في الظلام: نظر علماء الفلك لديهم إلى النجوم، وكانت خرائطهم وجداولهم عن السماء في الليل أفضل من تلك التي لدى علماء الفلك الغربيين.

كانوا لا يزالون يعتقدون إن الأرض هي مركز الكون، ولكن اثنين من علماء الفلك الإسلامي، هما الطوسي في بلاد فارس وابن الشاطر في سوريا نشروا بعض الرسوم البيانية والعمليات الحسابية التي كانت مهمة لعالم الفلك البولندي كوبرنيكوس بعد مرور 300 سنة.

كان للطب، أكثر من أي علم إسلامي آخر الأثر الأكبر على التفكير الأوروبي. تمت ترجمة أعمال أبقراط، وجالينوس والأطباء اليونانيين الآخرين والتعليق عليها بكل احترام، لكن العديد من الأطباء المسلمين صنعوا أسماء لأنفسهم.

فالطبيب الرازي (854 - 925) كان معروفًا في الغرب، وكتب أعمالاً مهمة في عدة مواضيع إلى جانب الطب؛ كما ترك وصفًا دقيقًا للجدري، الذي كان مرضًا يبعث على الخوف الشديد، والذي كان يؤدي في كثير من الأحيان إلى قتل ضحاياه أو يخلف في جلد من ينجو منه بقعًا صغيرة.

ميّز الرازي مرض الجدري عن مرض الحصبة، الذي ما يزال يصيب الأطفال وبعض الكبار وكما هو الحال في مرض الجدري، ينتج عن الحصبة طفح جلدي وحمى. ولحسن الحظ فان مرض الجدري منقرض الآن، نتيجة لحملة دولية لوقاية الناس منه عن طريق التطعيم، قادتها منظمة الصحة العالمية، وسجلت الحالة الأخيرة للاصابة بالمرض في عام 1977. وبالتاكيد فان الرازي سيكون سعيدًا بذلك.

كان ابن سينا (980 - 1037) الطبيب الإسلامي الأكثر تأثيرًا. ومثل العديد من العلماء المسلمين البارزين الآخرين،

كان منشغلاً في العديد من المجالات: ليس الطب فحسب، بل أيضًا الفلسفة والرياضيات والفيزياء. وبصفته عالمًا، طوّر آراء أرسطو في الضوء، وصحح آراء جالينوس في عدد من المواضيع.

كان كتابه القانون في الطب من أولى الكتب في اللغة العربية التي تُرجمت إلى اللاتينية، وكانت تُستخدم ككتاب منهجي في كليات الطب الأوروبية لما يقرب من 400 عام. وما يزال يستخدم في بعض الدول الإسلامية الحديثة، التي من المؤسف إنها متخلفة الآن.

لأكثر من 300 سنة، تمّ إنجاز أهم الأعمال العلمية والفلسفية في البلدان الإسلامية. وبينما كانت أوروبا تغط في نومها، كان الشرق الأوسط (وإسبانيا الإسلامية) يشهد ازدهارًا في الحركة العلمية. وكانت أهم الأماكن لتلك الحركة تشمل بغداد ودمشق والقاهرة وقرطبة (في إسبانيا). تشترك جميع هذه المدن في سمة واحدة: الحكام المستنيرون الذين قيموا ومولوا الأبحاث، وكانوا متسامحين مع العلماء من جميع الأديان. وهكذا، ساهم المسيحيون واليهود وكذلك المسلمون في هذه الحركة. لم يكن جميع الحكام المسلمين سعداء للحصول على المعرفة من مصادر متعددة؛ فقد كان يعتقد بعضهم أن القرآن احتوى على كل ما يحتاج الشخص إلى معرفته. هذه التوترات مستمرة إلى اليوم. لطالما كان العلم هو الذي يشغل المكان الأقوى في الثقافات المنفتحة على الجديد، لأن اكتشاف العالم يمكن أنْ تنتج عنه مفاجآت.

الفصل الثامن



تبديد الظلام

نتوقع من العلماء أنْ يحاولوا اكتشاف أشياء جديدة، وأنْ يتغير العلم باستمرار. ولكن ماذا سيكون شكل العلم إذا اعتقدنا أن كل شيء قد تمّ اكتشافه بالفعل؟ قد يصبح كونك عالِمًا كبيرًا هو مجرد قراءتك اكتشافات الآخرين.

في أوروبا، أصبحت هذه النظرة المتخلفة هي القاعدة بعد سقوط الإمبراطورية الرومانية في عام 476. بحلول ذلك الوقت، أصبحت المسيحية الديانة الرسمية للإمبراطورية (كان قسطنطين أول إمبراطور يعتنق المسيحية)، وكان كتابا واحدًا فقط هو المهم: وهو الكتاب المقدس. كان القديس أغسطينوس (354 – 430)، وهو واحد من أكثر المفكرين المسيحيين الأوائل تأثيرًا، قد وصف الوضع على النحو التالي: «إن الحقيقة هي

ما يكشف الله عنه لا ما يعتقده الباحثون عنها)). لم يكن هناك مجال للعلماء الذين كانوا (يتلمسون) المعرفة؛ كان القدماء قد اكتشفوا بالفعل كل شيء يستحق معرفته في العلوم والطب. إلى جانب ذلك، كان من المهم جدًا التركيز على الوصول إلى الجنة وتجنب الجحيم. وأنْ تكون عالمًا.

فإن هذه الكلمة قد تعني مجرد دراسة أرسطو وجالينوس. وبقي الوضع هكذا لمدة 500 سنة، من حوالي سنة 500 إلى 1000 بعد الميلاد، وحتى في تلك الفترة كان الأمر صعبًا، حيث كان هناك عدد قليل جدًا من النصوص اليونانية واللاتينية الكلاسيكية. كما أن الكثير من الناس كانوا لا يعرفون القراءة.

لكن القبائل الجرمانية التي نهبت روما في عام 455 جلبت بعض الأشياء المفيدة معها. مثل ارتداء السراويل بدلًا من ارتداء التوغا (ثوب فضفاض كان منتشرا آنذاك) (على الرغم من أن النساء كان عليهن الانتظار لفترة أطول). وجلبوا معهم كذلك أنواعًا جديدة من الحبوب مثل الشعير والجاودار، وبدأوا بتناول الزبدة بدلًا من زيت الزيتون. وكانت هناك ابتكارات تكنولوجية في تلك الألف سنة (المظلمة) أيضًا: فقد شهدت طرقًا جديدة لزراعة المحاصيل وحراثة الأرض. وشجع بناء الكنائس والكاتدرائيات الحرفيين والمهندسين المعماريين على تجربة الأنماط الجديدة في البناء، وإيجاد طرق أفضل لنقل الكتل الثقيلة من الحجر والخشب. وهذا يعني أن بإمكانهم بناء كاتدرائيات أكبر وأكبر، وبعض هذه المباني التي بنيت في وقت مبكر تجعلك

تحبس أنفاسك. وهي تذكير بأن ما تسمى أحيانًا (بالعصور المظلمة) لم تكن بدون نور تمامًا.

ومع قدوم الألفية الثانية من العصر المسيحي، تحسنت وتيرة الاكتشافات. كان القديس توما الأكويني (حوالي 1225 – 1774) أعظم علماء اللاهوت في العصور الوسطى. وكان معجبًا بأرسطو بشكل كبير، وأقام وشائج بين الفكر المسيحي وعلم وفلسفة أرسطو. شكّل أرسطو، مع جالينوس وبطليموس وإقليدس، عقلية القرون الوسطى. وكانت كتاباتهم تحتاج إلى الترجمة والتحرير والتعليق عليها. كان الكثير من هذا النشاط يحدث في الأصل في الأديرة، لكنه انتقل تدريجيًا إلى الجامعات التي تمّ إنشاؤها لأول مرة في هذه الفترة.

كان لدى اليونانيين عدة مدارس خاصة بهم: درس أرسطو في أكاديمية معلمه أفلاطون، وأسس بدوره مدرسته الخاصة. كان بيت الحكمة في بغداد أيضًا مكانًا يجتمع فيه الناس للدراسة والتعلم. لكن الجامعات الأوروبية الجديدة كانت مختلفة، ومعظمها بقي حتى يومنا هذا. تمّ تأسيس العديد منها من قبل الكنيسة، ولكن الكبرياء المجتمعي والداعمين من الأغنياء ساعد بعض البلدات والمدن على بناء الجامعات الخاصة بهم. ومنح البابا الإذن لتأسيس العديد من الجامعات في جنوبي إيطاليا. وكانت جامعة بولونيا تأسست حوالي عام 1180 أول من فتحت أبوابها، ولكن، في غضون قرن أو نحو ذلك، كانت هناك جامعات في بادوفا ومونبلييه وباريس وكولونيا وأكسفورد وكامبريدج. يأتي

اسم (الجامعة) من الكلمة اللاتينية التي تعني (كاملة)، وكان من المفترض أن تغطي هذه المؤسسات المعرفة البشرية بأكملها. كانت تضم عادة أربع مدارس، أو (كليات): علم اللاهوت، بالطبع كان توما الأكويني يسمي علم اللاهوت (ملك العلوم)، والقانون، والطب والفنون. اعتمدت كليات الطب في البداية في الغالب على مؤلفات جالينوس وابن سينا. كان طلاب الطب يدرسون أيضًا علم التنجيم، وذلك بسبب الاعتقاد السائد في قوة تأثير النجوم على البشر، للأفضل أو للأسوأ. كان يتم تدريس الرياضيات وعلم الفلك التي نعتقد إنها علمية للغاية - بشكل عام في كلية الفنون. وكان يتم دراسة أعمال أرسطو العديدة في جميع الكليات.

كان العديد من (العلماء) في العصور الوسطى إما أطباء أو رجال دين، وعمل معظمهم في الجامعات الجديدة. كانت كليات الطب تمنح لخريجيها - درجة دكتوراه في الطب (MD)، أو بكالوريوس في الطب (MB). وهذا بدوره ميّز هؤلاء الأطباء عن الجراحين، والعطارين (الصيادلة) وغيرهم من الممارسين الطبيين الذين تعلموا مهنتهم بطرق أخرى. لم يجعلهم التعليم الجامعي بالضرورة أكثر اهتمامًا بمعرفة أشياء جديدة (وفضلوا الاعتماد على جالينوس وابقراط وارسطو).

ولكن ابتداءً من حوالي عام 1300، بدأ معلمو التشريح في تشريح الجثث ليعرضوا الأعضاء الداخلية لجسم الإنسان على طلابهم، وتمّ إجراء عمليات التشريح أحيانًا على الملوك،

أو عندما كانت الوفاة مشتبهًا بها (أو كلا الأمرين). لا شيء من هذا بالضرورة يجعل الأطباء أكثر قدرة على علاج الأمراض، لا سيِّما تلك التي اجتاحت المجتمعات.

ما نسميه الآن (الموت الأسود)، وهو شكل من أشكال الطاعون، دخل أوروبا للمرة الأولى في 1340. وربما جاء من آسيا، عبر طرق التجارة، وقتل حوالي ثلث سكان أوروبا في السنوات الثلاث التي اجتاح فيها أوروبا. كما لو أن ذلك لم يكن كافيًا، فقد عاد بعد عشر سنوات، ومن ثم كان يعود بانتظام منخفضًا لمدة 400 سنة تالية. أنشأت بعض المجتمعات مستشفيات خاصة لمرضى الطاعون (المستشفيات، مثل الجامعات، هي هدية القرون الوسطى لنا)، وتمّ إنشاء مجالس صحية في بعض الأماكن. وأدى الطاعون أيضًا إلى استخدام الحجر الصحي في حالات يعتقد فيها أن المرض معدٍ. وإن كلمة، quaranta التي تعني (الحجر الصحي) جاءت من الرقم 40، الذي يشير إلى عدد الأيام التي كان يتم فيها وضع المريض أو المشتبه به في عزلة. إذا تعافى الفرد في ذلك الوقت، أو لم يظهر أي علامات للمرض، يمكن إطلاق سراحه.

ولد الكاتب المسرحي ويليام شكسبير في ستراتفورد أبون آفون في العام الذي ضرب فيه الطاعون إنكلترا (1564)، وتعطلت حياته المهنية عدة مرّات، عندما أجبر وباء الطاعون المسارح على إغلاق أبوابها. وقد جعل شكسبير بطل مسرحيته روميو وجوليت وهو ميركوتيو يصرخ قائلاً: «الوباء على بابي

منزليكما!))، لإدانة العائلتين المتحاربتين. وقد فهم جمهوره ما كان يقصده. كان معظم الأطباء يعتقد أن الطاعون مرض جديد، أو على الأقل مرض لم يكتب عنه جالينوس، ولذلك اضطروا إلى التعامل معه من دون الرجوع إلى نصيحته: يشمل العلاج فصد الدم وتناول الأدوية التي من شأنها أنْ تجعل المريض يتقيأ أو يتعرق، وكانت هناك في ذلك الوقت علاجات شعبية لأمراض أخرى. والحقيقة تقال لم يكن جالينوس يعرف كل شيء.

وعلى ما يبدو، كان ذلك حال أرسطو أيضًا. وقد ناقش روجر بيكون (عاش من 1214 إلى 1294) من جامعة أكسفورد، وجان بوردان (حوالي 1295 – 1358) من جامعة باريس، وعدة علماء آخرين. أفكاره حول سبب تحرك شيء معين في الهواء وهو ما كان يطلق عليه (مشكلة الزخم) وكانت تحتاج إلى حل. خذ على سبيل المثال القوس والسهم. فالسهم يطير لأننا نشد وتر القوس ونطلقه بسرعة، مما يدفع السهم في الهواء. لقد استخدمنا القوة وأعطيناها قوة دافعة (وهو مفهوم سنتحدث عنه لاحقًا). أطلق بيكون وبريدان على هذه القوة اسم (الزخم)، وأدركا أن أرسطو لم يكن لديه تفسير صحيح لحقيقة أنه كلما سحبنا مزيدًا من وتر القوس، كلما انطلق السهم بشكل أقوى. كان أرسطويقول إن التفاحة تسقط على الأرض لأن هذا هو المكان الطبيعي (لراحتها). وسيعود السهم في نهاية المطاف إلى الأرض أيضًا، ومع ذلك قال أرسطو إنه يتحرك فقط بسبب وجود قوة وراءه. لذا، إذا كانت هناك قوة عندما غادر السهم السلسلة، فلماذا يبدو

أن القوة تتلاشى؟ هذه المشكلات والمشاكل المشابهة لها جعلت بعض الناس يعتقدون أن أرسطو لم يكن يعرف كل شيء بشكل صحيح. كان نيكولاس أوريسمي (1320 – 1382)، وهو رجل كنسي يعمل في باريس وروان وأماكن أخرى في فرنسا، يتسائل ليلاً ونهارًا. لماذا تدور الشمس حول الأرض كل أربع وعشرين ساعة، وكان يعتقد إنه ربما، كانت، الأرض نفسها تدور على محورها على مدار اليوم. لم يخالف أوريسمي اعتقاد ارسطو أن الأرض هي مركز الكون، أو أن الشمس والكواكب تدور حول الأرض. ولكن ربما كانت تلك رحلة بطيئة للغاية (ربما استغرق الأمر من الشمس سنة كاملة لجعلها تدور حولها!)، بينما كانت الأرض، التي هي في مركز الكون، تدور مثل الدوامة.

كانت هذه الأفكار جديدة، ولكن قبل 700 عام لم يكن الناس يعتقدون أن الأفكار الجديدة كانت بالضرورة جيدة دائمًا. بدلاً من ذلك، كانوا يحبذون الأنظمة المرتبة والمنسقة والكاملة. هذا هو أحد الأسباب التي جعلت العديد من الباحثين يؤلفون ما نسميه الآن (الموسوعات): وهي الأعمال الكبيرة التي أخذت أعمال أرسطو وغيرها من أعمال الأساتذة القدماء، وجمعتها معًا – وتوليفها – في مجلدات ضخمة. يمكننا القول إن شعار تلك الفترة هو (يوجد مكان لكل شيء، وكل شيء في مكانه). لكن محاولة العثور على هذا المكان دفع البعض إلى إدراك إنه لا تزال هناك ألغاز يجب حلها.

الفصل التاسع



البحث عن حجر الفلاسفة

إذا كان بإمكانك تحويل علبة الكوكاكولا المصنوعة من الألمنيوم إلى ذهب، فهل ستفعل كذلك؟ ربما ستفعل ذلك، لكن إذا تمكن الجميع من القيام بذلك، فلن يكون الأمر مثيرًا جدًا، لأن الذهب سيصبح شائعًا ولا يستحق الكثير. والأسطورة اليونانية القديمة عن الملك ميداس، الذي تحققت رغبته في أنْ يتحول كل شيء يلمسه إلى ذهب، تذكِرنا بأنه لم يكن ذكيًا جدًا. فهو لم يستطع حتى أكل وجبة الإفطار، لأن خبزه يصبح ذهبًا بمجرد أنْ يلمسه!

لم يكن الملك ميداس هو الوحيد الذي يعتقد إن الذهب شيء مميز. لطالما نظر البشر إلى الذهب بذات النظرة، جزئيًا بسبب ملمسه وألوانه الرائعة، وجزئيًا لأنه نادر، ولم يكن يملكه سوى

الملوك وغيرهم من الأثرياء. إذا كان بإمكانك اكتشاف كيفية صنع الذهب من مواد أكثر شيوعًا – من الحديد أو الرصاص، أو حتى من الفضة – فإن شهرتك وثروتك ستتخطى الآفاق.

كان صنع الذهب بهذه الطريقة أحد أهداف نوع من العلوم القديمة وكان يدعى الخيمياء. من كلمة (ال) الخيمياء وإذا ما حذفت أداة التعريف فستحصل على ما يشبه (كيمياء)، والواقع إن الاثنين مرتبطان ببعضهما، على الرغم من أننا لا نصف في وقتنا الحاضر الخيمياء – ذات الصلات الخفية مع السحر والمعتقد الديني – بالعلم. ومع ذلك، في الماضي كانت تمثل نشاطًا محترمًا تمامًا، كان العالم إسحاق نيوتن (الفصل 16) يتسلى في وقت فراغه بالخيمياء، واشترى الكثير من المقاييس، والأواني الزجاجية الغريبة الشكل، وغيرها من المعدات. وبعبارة أخرى، أنشأ مختبرًا للكيمياء.

قد يحدث إنك كنت في يوم ما في أحد المختبرات، أو على الأقل شاهدته في الصور أو الأفلام. يعني الاسم ببساطة الأماكن التي تشتغل أو تعمل فيها. كلمة المختبر بالإنكليزية هي Laboratory وكلمة عمل هي labour من هنا جاء التشابه.

والمختبرات منذ فترة زمنية طويلة هي المكان الذي يعمل فيه الكيميائيون وللخيمياء تاريخ قديم يعود إلى مصر القديمة والصين وبلاد فارس. لم يكن هدف الخيميائيين ببساطة هو تغيير المعادن الأقل قيمة (أو قاعدة) إلى ذهب: فقد كان غايتهم أيضًا فرض السلطة على الطبيعة، ليتمكنوا من التحكم في الأشياء التي

تحيط بنا. وغالبًا ما تضمنت الخيمياء استخدام السحر: وترديد التعويذات، أو التأكد من أنك فعلت الأشياء بالترتيب الصحيح تمامًا. كانت الخيمياء تجرّب مختلف المواد، لمعرفة ماذا يحدث عندما يتم خلط اثنين منها معًا، أو تسخينها. كان الخيميائيون يحبون العمل مع أشياء لها ردود فعل عنيفة، مثل الفوسفور أو الزئبق. قد يكون الأمر خطيرًا، ولكن تخيل المكافآت إذا تمكنت من العثور على التركيبة الصحيحة من المكونات لصنع (حجر الفلاسفة). هذا (الحجر) (سيكون في الواقع نوعًا من مادة كيميائية خاصة) سيحول الرصاص أو القصدير إلى ذهب، أو يساعدك على العيش للأبد. مثلما هو الحال في قصص هاري بوتر. في الحقيقة فإن مغامرات هاري بوتر ممتعة، لكنها تحدث في عالم الخيال. إن أنواع القوى التي يحلم بها السحرة الحقيقيون والخيميائيون غير متوفرة في الحياة العادية – حتى الخيمياء، وأفعال الكثير من الخيميائيين كانت مبنية على الخداع، فقد كانوا يتظاهرون أن باستطاعتهم أن يفعلوا أشياء لا يمكنهم القيام بها. لكن كثيرين آخرين كانوا عاملين صادقين عاشوا في عالم بدا فيه كل شيء ممكنًا. في أثناء دراستهم، اكتشفوا الكثير من مبادئ ما نسميه الآن بعلم الكيمياء. فتعلموا على سبيل المثال التقطير، وهو، فن تسخين المخلوط وجمع مخلفاته في أوقات مختلفة. يتم إنتاج المشروبات الكحولية القوية مثل البراندي والجن عن طريق التقطير، والذي يقوم على تركيز الكحول. نحن نطلق عليها اسم (الأرواح)، وهي كلمة نطلقها أيضًا على الأشباح،

وعلى أنفسنا عندما نشعر بالنشاط أو نكون مفعمين بالحيوية. وأصل الكلمة مأخوذ من الكلمة اللاتينية، (spiritus) والتي تعني التنفس والروح. وهي مأخوذة جزئيًا من الخيمياء.

اعتاد معظم الناس على الإيمان بالسحر (والبعض الآخر لا يزال). استخدم العديد من العلماء المشهورين في الماضي دراستهم لأسرار الطبيعة في سبيل الكشف عن القوى السحرية. كان أحد الرجال المشهورين إنه يملك القدرة على تغيير الممارسة العلمية والميدانية بأكملها. وكان اسمه الكامل صعب النطق: Theophrastus Philippus Aureolus Bombastus von Hohenheim. جرّب قول هذا الاسم بسرعة، وقد تفهم سبب رغبته في تغييره إلى الاسم الذي براكليسوس: Paracelsus. نعرفه في أينسيدلن، (1541 - 1493) ولد براكليسوس، وهي بلدة صغيرة تقع في الجبال السويسرية. كان والده طبيبًا وقام بتدريسه العالم الطبيعي، والتعدين، والمعادن، وعلم النبات، والطب. نشأ ككاثوليكي روماني، لكنه عاش في أيام مارتن لوثر والإصلاح البروتستانتي، وكان لديه العديد من الأصدقاء والمؤيدين من البروتستانت، وكذلك من الروم الكاثوليك. وكان لديه أيضًا العديد من الأعداء. درس مع العديد من رجال الكنيسة المهمين، وعلى الرغم من أن باراكليسوس كان دائمًا متدينًا بعمق، إلّا أن إيمانه، مثل كل شيء يخصه، كان فريدًا من نوعه: فقد كان مبنيًا على الكيمياء.

درس باراكليسوس الطب في إيطاليا، وكان دائمًا قلقًا، وينتقل من مكان إلى آخر. سافر إلى جميع أنحاء أوروبا، وربما ذهب إلى إنكلترا، وبالتأكيد ذهب إلى شمالي أفريقيا. عمل جراحًا وطبيبًا عاديًا وعالج العديد من المرضى الأغنياء وذوي النفوذ، ويبدو أنه كان ناجحًا. ومع ذلك، لم يكن يبدو كما لو كان لديه أية أموال فقد كان يرتدي ملابس رثة. كان يحب أنْ يتناول الكحول في البارات أو الحانات مع الناس العاديين بدلاً من الأشخاص المترفين، وقال عنه أعداؤه إنه كان مدمنًا على الكحول.

كان لدى باراكليسوس وظيفة رسمية واحدة فقط، في جامعة بازل، في بلده سويسرا. كان يصر على إلقاء المحاضرات باللغة الألمانية، بدلاً من اللاتينية، كما كان يفعل جميع الأساتذة الآخرين، وكان أول ما فعله هو حرق أعمال جالينوس في السوق. لم يكن بحاجة إلى جالينوس أو أبقراط أو أرسطو. أراد أنْ يبدأ من جديد. كان متأكدًا من أن نظرته للكون هي النظرة الصحيحة، وإنها لم تكن مشابهة لأي رأي سابق.

بعد فترة وجيزة من قيامه بإشعال النيران، أُجبر على مغادرة المدينة ليواصل رحلاته، والبقاء بضعة أشهر هنا، وربما سنة أو نحو ذلك هناك، ولكنه كان لا يهدأ دائمًا، وكان مستعدًا على الدوام لحزم أغراضه القليلة في أية لحظة وتجربة مكان آخر. كان يصطحب معه مخطوطاته وعدته من الأجهزة الكيميائية، وربما القليل من الأشياء الأخرى. وكانت رحلاته تستغرق دائمًا وقتًا طويلاً فكان يقضيها إما مشيًا على الأقدام أو على ظهور الخيل

أو في إحدى العربات، سالكًا الطرق التي كانت غالبًا موحلة وخطرة. وبالنظر إلى طريقة حياته، فمن المدهش إنه استطاع إنجاز كل ذلك. في الواقع، فإنه بينما كان يعالج العديد من المرضى، قام بتأليف العديد من الكتب، ونظر إلى العالم من حوله، وكان يجري تجارب كيميائية دائمًا.

كان شغوفًا بالكيمياء. وعندما قال إنه لم يكن بحاجة إلى أعمال القدماء ليسترشد بها في دراساته الخاصة، كان يقصد ما يقول. لم يكن مقتنعًا بمبدأ العناصر الأربعة وهي الهواء والأرض والنار والماء. بدلاً من ذلك، كانت يعتقد بوجود ثلاثة (عناصر) أساسية – هي الملح والكبريت والزئبق – ويمكن استخراج كل شيء منها في نهاية المطاف. يمنح الملح الأشياء شكلها أو صلابتها؛ الكبريت هو السبب في أن الأشياء يمكن أنْ تحترق؛ والزئبق مسؤول عن الحالة الغازية أو السائلة في أي مادة. فسر باراكليسوس التجارب التي كان يجريها في مختبره استنادًا على هذه المبادئ الثلاثة. كان مهتمًا بمعرفة كيفية قيام الأحماض بإذابة الأشياء، وكيف يمكن تجميد الكحول. كان يقوم بحرق المواد ويفحص بعناية ما يتبقى منها. قام بتقطير العديد من السوائل وتجميع ما كان ينبعث عنها، بالإضافة إلى الإشارة إلى ما كانت تخلفه من مواد. بإختصار، قضى الكثير من حياته في مختبره، يسعى إلى حل ألغاز الطبيعة.

كان باراكليسوس يعتقد إن تجاربه الكيميائية ستساعده على فهم كيف يعمل العالم، وإن الكيمياء ستكون مصدر العديد من

العلاجات الجديدة للامراض. وقبله، كان مصدر معظم الأدوية التي يستخدمها الأطباء يأتي من النباتات، وعلى الرغم من إنه كان يستخدم أحيانًا العلاجات العشبية في ممارسته الطبية، إلّا أنه فضّل إعطاء مرضاه الأدوية التي قام بتحضيرها في مختبره. كان الزئبق هو العنصر المفضل لديه بشكل خاص. كان الزئبق في الواقع سام جدًا، لكن باراكليسوس استخدمه كمرهم للأمراض الجلدية، وكان يعتقد إنه أفضل علاج لمرض أنتشر في جميع أنحاء أوروبا. وكان هذا المرض هو الزهري، وهو مرض ينتشر عادة عن طريق الاتصال الجنسي، وكان يتسبب في ظهور طفح جلدي، ويسبب تآكلًا في جسر الأنف عند المصابين به، ويتسبب عادة في موتهم. انتشر وباء مرض الزهري في إيطاليا في التسعينيات من القرن التاسع عشر، أي في حوالي وقت ولادة باراكليسوس، مما أسفر عن مقتل العديد من الأشخاص. وبحلول الوقت الذي أصبح فيه طبيبًا، كان مرض الزهري منتشرًا على نطاق واسع لدرجة أن معظم الأطباء كانوا يعالجون أشخاصًا مصابين به (وقد عانى منه عدد ليس بالقليل من الأطباء). كتب باراكليسوس عن هذا المرض الجديد، واصفًا العديد من أعراضه وكان يوصي بالزئبق لمعالجته. على الرغم من أن الزئبق يمكن أنْ يجعل أسنانك تتساقط ويجعل رائحة أنفاسك كريهة بشكل مريع، فقد يجعلك تتخلص من الطفح، لذلك استخدمه الأطباء لسنوات عديدة لعلاج مرض الزهري والأمراض الأخرى التي تتسبب في ظهور الطفح الجلدي.

وصف باراكليسوس العديد من الأمراض الأخرى. كتب عن الإصابات والأمراض التي يصاب بها أولئك الذين يعملون في المناجم، وخاصة أمراض الرئتين الناجمة عن ظروف العمل الرهيبة وساعاته الطويلة. يعكس اهتمام باراكليسوس بأوضاع عمال المناجم البسطاء نمط حياته حيث كان يقضي أغلب أوقاته وسط الناس العاديين.

كان أبقراط، وجالينوس وأطباء آخرون سبقوا باراكليسوس قد قالوا إن المرض ينشأ نتيجة اختلال التوازن داخل الجسم. أما بالنسبة لباراكليسوس الذي كان يسميه فأن المرض سببه قوة من خارج الجسم. هذا (الشيء) وهي كلمة لاتينية تعني (الوجود) أو الجوهر ens كان يهاجم الجسم، ويسبب لنا المرض، ويخلق نوعًا من التغييرات التي يبحث عنها الأطباء كدليل للوقوف على جوهر المرض. يمكن أنْ يكون ذلك الشيء إما بثرة أو خراج، أو حصوة في الكلى. الإنجاز المهم الذي قام به باراكليسوس هو فصل المريض عن المرض. هذه الطريقة في التفكير أدت في وقت لاحق إلى اكتشاف الجراثيم.

أراد باراكليسوس أن يبنى العلم والطب على الأسس الجديدة التي أوجدها. وكان يردد مرارًا وتكرارًا إن على الناس ألّا يقرأوا الكتب بل أنْ يلاحظوا ويجربوا الأشياء بأنفسهم. ولكنه بالطبع، أراد أنْ يقرأ الآخرون الكتب التي كتبها بنفسه، وبعضها لم ينشر إلّا بعد وفاته. كان جوهر رسالته يقول: « لا تزعجوا أنفسكم بقراءة جالينوس، اقرأوا باراكليسوس ». كان عالمه مليئًا بالقوى

السحرية، التي اعتقد أنه يستطيع فهمها وترويضها في خدمة علومه وطبّه. حلمه الكيميائي الخاص لم يكن مجرد تحويل المعادن الأساسية إلى ذهب. بدلاً من ذلك، سعى إلى السيطرة على جميع القوى السحرية والغامضة الموجودة في الطبيعة.

كان لديه عدد قليل من الأتباع خلال حياته، ولكن بعد وفاته أصبح عددهم أكثر من ذلك بكثير. وأطلقوا على أنفسهم اسم الباراكليسيون واستمروا في محاولة تغيير الطب والعلوم كما فعل. قاموا بإجراء التجارب في المختبرات واستخدموا العلاجات الكيميائية في ممارساتهم الطبية. لقد حاولوا، مثل باراكليسوس، السيطرة على قوى الطبيعة من خلال أعمال السحر الطبيعية.

بقي الباراكليسيون يغردون دائماً خارج السرب. وكان غالبية الأطباء والعلماء غير مستعدين للتخلي عن تراث الأولين. ومع ذلك، بدأ الناس يتفهمون رسالة باراكليسوس بشكل متزايد. وبدأوا ينظرون إلى العالم بأنفسهم. في عام 1543، بعد عامين من وفاته، نُشر كتابان، أحدهما عن علم التشريح، والآخر عن علم الفلك، وكانا بمثابة تحدي لسلطة الأولين. كانا ينظران إلى الكون من زاوية جديدة.

الفصل العاشر



تشريح جسم الإنسان

إذا كنت تريد أنْ تفهم جيدًا كيف يعمل شيء ما، فغالبًا ما تلجأ إلى فكرة ممتازة وهي تفكيكه، قطعة بعد أخرى. ومن المفيد عندما تقوم بذلك مع بعض الأشياء، مثل الساعات والسيارات، أنْ تعرف كيف تعيدها مرة أخرى. إذا كان ما تريد فهمه هو جسم إنسان أو حيوان، يجب أنْ يكون ميتًا قبل أنْ تبدأ، ولكن الهدف هو نفسه.

قام جالينوس، كما نعلم، بتشريح - تفكيك - العديد من الحيوانات لأنه لم يكن يستطيع تشريح أي إنسان. وافترض إن تشريح الخنازير أو القرود كان يشبه إلى حد كبير تشريح البشر، وكان على صواب من بعض النواحي، ولكن توجد هناك اختلافات أيضًا. بدأ تشريح الأجساد البشرية في حوالي

عام 1300، عندما بدأت كليات الطب بتدريس علم التشريح. في البداية، عندما لاحظ الناس عدم وجود أي اختلافات بين ما رأوه في جسم الإنسان وما قاله جالينوس، فقد افترضوا ببساطة أن البشر قد تغيروا، ولم يعتقدوا أن جالينوس كان على خطأ! ولكن عندما بدأ علماء التشريح في تفحص جسم الإنسان عن كثب، فإنهم اكتشفوا المزيد والمزيد من الاختلافات الصغيرة. أصبح من الواضح أن هناك المزيد الذي يجب الكشف عنه في جسم الإنسان.

كان الرجل الذي قام بالكشف عن جسم الإنسان هو أحد علماء التشريح والجراح المعروف لدينا باسم أندرياس فيزاليوس (1514 - 1564). كان اسمه الكامل أندرياس ويتينك فان فيسيل. وُلد في بروكسل، في بلجيكا الحديثة، حيث كان والده طبيبًا يعمل لدى الإمبراطور الألماني تشارلز الخامس. كان طفلاً ذكيًا، أُرسل إلى جامعة لوفان لدراسة مواضيع فنية، لكنه قرر أنْ يتحول إلى الطب، من الواضح أنه كان طموحًا، فقد ذهب إلى باريس حيث كان بعض من أفضل المعلمين يدرسون هناك. وكانوا جميعهم يتبعون جالينوس، وخلال السنوات الثلاث التي قضاها هناك أثار إعجابهم. وكشف أيضًا عن قدراته في اللغتين اليونانية واللاتينية، وشغفه بالتشريح. أجبرته الحرب التي اندلعت بين الإمبراطورية الألمانية وفرنسا على مغادرة باريس، لكنه أعاد إدخال مادة التشريح البشري في كلية الطب في لوفان قبل سفره، في عام 1537، إلى ما كانت تعتبر في ذلك

الوقت أفضل كلية طبية في العالم، وهي جامعة بادوفا. في ايطاليا. أدى امتحاناته، واجتازها بدرجة امتياز عالٍ، وعين في اليوم التالي كمحاضر في الجراحة وعلم التشريح. كانوا في جامعة بادوفا يقيّمون عاليًا الأشخاص ذوي الكفاءة: قام فيزاليوس بتدريس علم التشريح من خلال طريقته الخاصة في التشريح، وقد أحبه الطلاب، وفي العام التالي مباشرة نشر سلسلة من الرسوم التوضيحية الجميلة لأجزاء الجسم البشري. كانت غاية في الجودة لدرجة أن الأطباء في جميع أنحاء أوروبا بدأوا في نسخ هذه الصور من أجل استخدامهم الخاص، الأمر الذي كان مصدر إزعاج لفيزاليوس، لأنهم كانوا يسرقون أعماله بالفعل.

إن فتح جثة إنسان ليس أمرًا ممتعًا أبدًا. فبعد الوفاة، يبدأ الجسد بالتحلل بسرعة وتنبعث منه رائحة غير لطيفة، وفي زمن فيزاليوس، لم تكن هناك طريقة لمنع الجسد من التعفن. وهذا يعني إن عملية التشريح يجب أنْ تتم بسرعة، وبترتيب معين يجعل من الممكن إتمام عملية التشريح قبل أنْ تصبح الروائح لا تطاق. فيتم البدء بالبطن أولًا، لأن الأمعاء هي أول ما يتعفن. ويعقب ذلك تشريح الرأس والدماغ، ثم القلب والرئتين، وغيرها من الأعضاء الموجودة في تجويف الصدر. أما الذراعان والساقان فتبقى إلى النهاية: فالأفضل هو من يكون في النهاية. وكان لا بد من عمل كل شيء في يومين أو ثلاثة أيام، كان تدريس علم التشريح يتم بشكل عام في فصل الشتاء، عندما يكون الطقس باردًا حتى يؤخر بشكل ما تحلل الجثة ويمنح الأطباء مزيدًا من الوقت.

تمّ اكتشاف وسائل الحفاظ على الجثث في عام 1700، وهذا جعل من السهل أكتساب المزيد من الوقت لتشريح وفحص الجسم كله. عندما كنت طالبًا في الطب، استغرقت ثمانية أشهر في تشريح إحدى الجثث، ولم يكن مصدر رائحة ثيابي وأظافري في أيام التشريح هو الجسد المتعفن، بل المواد الكيمياوية الحافظة. عملت على جسد رجل عجوز وأصبحت على دراية به خلال تلك الأشهر. كان الترتيب الذي أجرينا به عملية التشريح هو نفس الترتيب تقريبًا الذي كان معمولاً به أيام فيزاليوس، باستثناء إننا أبقينا على الدماغ إلى آخر العملية، لكونه عضوًا معقدًا، ومن المفترض أنْ نكون قد تمكنا من تشريح باقي أعضاء الجسم بعناية بحلول ذلك الوقت. لقد تبرع ذلك الرجل العجوز بجسده للأغراض العلمية. وبالتأكيد فإن تلك التجربة قد علمتني الكثير.

على الرغم من السرعة المطلوبة في إنجاز عملية التشريح، والروائح التي تصاحبها، فقد كانت تمثل الشغف الكبير في حياة فيزاليوس. لا يمكننا معرفة عدد الجثث التي قام بتشريحها بعناية، ولكن يجب أنْ يكون العدد كبيرًا، لأنه تعرف على أجزاء الجسم البشري أكثر من أي شخص على قيد الحياة. وقد كان فيزاليوس مشغولاً جدًا في السنوات الخمس والنصف التي فصلت بين التاريخ الذي أصبح فيه مدرسًا في بادوفا، وتاريخ نشر كتابه العظيم في عام 1543. كإن كتاب فيزاليوس ضخمًا جدًا، بلغ ارتفاعه أربعين سنتمترًا وكان يزن ما يقرب من كيلوغرامين – وليس مجرد كتاب صغير يمكن أنْ تضعه في

جيبك لتقرأه أثناء العطلة. كان عنوانه De humani coporis fabrica بنية الجسم البشري وما يزال يعرف حتى يومنا هذا باسم De fabrica وكان يحتوي على رسوم جميلة ومتقنة. سافر فيزاليوس إلى بازل، في سويسرا، للإشراف على طباعة النص والرسوم التوضيحية.

نحن نعيش في عالم توجد فيه الرسوم التوضيحية في كل مكان. تجعل الكاميرات الرقمية من السهل إرسال الصور لأصدقائنا، وتمتلئ المجلات والصحف بالصور في كل صفحة من صفحاتها. لم يكن الأمر كذلك في أيام فيزاليوس. كان قد تمّ اختراع المطبعة قبل أقل من مئة عام، وكان يتعين صنع الصور من كتل خشبية محفورة بعناية، ثم يتم نسخ تلك الرسوم. تكون هذه الكتل مثل ختم مطاطي، تملئ بالحبر ويتم دمغها على قطعة من الورق.

إن الصور الموجودة في كتاب فيزاليوس مذهلة: لم يسبق أن تمّ تصوير جسم الإنسان بهذه الدقة، أو بمثل هذه التفاصيل. حتى صفحة الغلاف كانت مميزة جدًا وتصور عملية تشريح امرأة، في مكان عام، وسط مئات من الناس الذين يتزاحمون من حولها. ويقف فيزاليوس في المنتصف، بجانب جسد المرأة، وهو الشخص الوحيد الذي ينظر إلى القارئ. أما بقية الجمهور، فهم إما منجذبون إلى عملية التشريح أو يتهامسون مع بعضهم البعض. على يسار الصورة يوجد قرد، وعلى اليمين هناك كلب، يذكرنا بأن جالينوس كان يستخدم الحيوانات في عمله التشريحي،

يتحدث فيزاليوس في كتابه عن التشريح البشري، وعن الأجسام البشرية، ويقوم بعملية التشريح بنفسه. لقد كان عملاً جريئًا بشكل رائع من شاب لم يبلغ بعد الثلاثين من العمر.

لكن، حينها، كان لدى فيزاليوس كل الأسباب ليكون واثقًا من نفسه. كان يعلم إنه نقّب في جسم الإنسان أكثر من أي شخص آخر على الإطلاق. ومن بين الصور الرائعة الموجودة في كتابه تلك التي تُبين عضلات الجسم، من الأمام والخلف، وإضافة إلى العضلات القريبة من سطح الجلد يكشف عن تلك العضلات الغائرة في أعماق الجسم. يضم الكتاب مجموعة من صور (الرجال ذوي العضلات) وسط المناظر الطبيعية، وعلى المباني وبين الأشجار وفوق الصخور والتلال. ويظهر أحد رجال فيزاليوس مشنوقًا من الرقبة، وهو تذكير بأن فيزاليوس كان غالبًا ما يستخدم جثث المجرمين في عمليات التشريح التي كان يقوم بها. في الحقيقة فإن فيزاليوس، وجد ذات مرة مجرمًا تمّ شنقه وقد نزعت الطيور اللحم عن جثته، ولم يتبق سوى هيكله العظمي. قام فيزاليوس بتهريب عظامه واحدة تلو الأخرى إلى غرفته حتى يتمكن من دراستها على انفراد.

من المؤكد أنْ يكون هناك فنان ماهر جدًا يعمل مع فيزاليوس، على الرغم من أننا لا نعرف اسمه. فقد ارتبط العلم ارتباطًا وثيقًا بالفن خلال تلك الفترة، والتي نسميها عصر النهضة، وعصر (الإحياء). قام العديد من فناني عصر النهضة – مثل ليوناردو دا فينشي (1452 – 1519)، مايكل أنجلو (1475 – 1564)،

وغيرهم – بتشريح الجثث من أجل تعلم كيفية رسمها بشكل أفضل. لم يكن الأطباء هم وحدهم الذين أرادوا معرفة بنية الجسم البشري.

كان فيزاليوس مفتونًا ببنية (تشريح الجسم)، لكن أعضاء الجسم في الجثث لا تقوم بوظائفها (التي يدرسها علم وظائف الأعضاء الفسلجة) مثل التنفس والهضم والتحرك، كما تفعل الكائنات الحية. لذلك كان أغلب الجزء المكتوب من كتاب فيزاليوس مزيجًا من الأفكار القديمة والجديدة. كان يشير في كثير من الأحيان إلى كيف وصف جالينوس بعض الأعضاء أو العضلات بشكل غير صحيح وقام بوصفها بشكل صحيح. على سبيل المثال، عندما وصف جالينوس الكبد، كان يتحدث عن كبد الخنزير، الذي لديه خمسة أنواع مميزة من الفصوص أو المقاطع. يمتلك الكبد البشري أربعة فصوص، غير محددة بوضوح. والعديد من العضلات في اليدين والقدمين البشريين تختلف عن تلك الموجودة في أسلافنا القريبة، مثل القرود والغوريلا. نظرية جالينوس حول كيفية تحرك الدم حيث لا يتطلب سوى القليل للانتقال من الجانب الأيمن من القلب إلى الجانب الأيسر (كان جالينوس يعتقد بوجود اتصال بين بطيني القلب). وكان جالينوس يعتقد إن الدم يتسرب من خلال مسام صغيرة في الجدار الفاصل بين التجويفين الكبيرين (البطينين) في القلب. قام فيزاليوس بتشريح العديد من القلوب البشرية ولم يتمكن من العثور على هذه المسام. وستكون معرفته مهمة للغاية بعد بضعة

عقود، عندما بدأ ويليام هارفي بالتفكير بمزيد من التفصيل في عمل القلب والدم. إلّا أن نقاشات فيزاليوس حول كيفية عمل الجسم الحي ظلت تستخدم العديد من أفكار جالينوس. ربما هذا هو السبب في أن الصور التي رسمها فيزاليوس كانت أكثر قيمة بكثير من كتاباته: فسرعان ما تمّ نسخها وتمّ استخدامها في جميع أنحاء أوروبا، وجعلت منه مشهورًا حتى لو لم يجنِ الكثير من المال منها، على الرغم من أن فيزاليوس عاش لمدة عشرين عامًا أخرى، فان نشر كتابه العظيم هو أهم ما ميّز حياته العملية. وقام بإصدار طبعة ثانية من الكتاب، مع بعض التصحيحات، ولكن بعد فترة وجيزة من نشر الطبعة الأولى، ترك الكتابة وذهب ليصبح طبيب البلاط. أمضى وقته في رعاية الأغنياء وأصحاب النفوذ. ربما كان يعتقد أنه قال كل ما يجب قوله.

لقد قال وفعل ما يكفي للتأكد من أنه سيظل خالدًا. ويظل كتابه بنية الجسم البشري (دي فابريكا) واحدًا من الكتب العظيمة في كل العصور: فقد جمع بين الفن وعلم التشريح وجودة الطباعة وما زال يحظى بالإعجاب حتى يومنا. وبالاضافة إلى هذا فقد ترك لنا فيزاليوس هبتين خالدتين أولاً، شجع الأطباء الآخرين على مواصلة وصفه الدقيق لبنية جسم الإنسان. واكتشف علماء التشريح في وقت لاحق أجزاء أخرى من الجسم غابت عنه أو قاموا بتصحيح الأخطاء التي ارتكبها. كما أن مزجه الأشكال الفنية مع التشريح الدقيق الذي كان له فيه قصب السبق قد شجع الآخرين على إصدار كتب تحوي رسومات لجسم الإنسان على صفحاتها.

كان كتاب فيزاليوس هو الكتاب الأول الذي كانت فيه الصور أكثر أهمية من الكتابة، لكنه لم يكن الأخير. كان الأطباء بحاجة إلى تعلم كيفية معرفة أفكار من سبقهم، وكانت الصور ضرورية لمساعدتهم على التعلم.

ثانيًا وقف فيزاليوس مع جالينوس. لم يكن فظًا معه، مثل باراكليسوس، لكنه بيّن بهدوء أن بإمكان المرء معرفة أكثر مما كان جالينوس يعرف. لقد أظهر إن المعرفة يمكن أنْ تنمو من جيل إلى جيل. وساعد في فتح الباب لنقاش استمر لأكثر من مئة عام. كان سؤاله بسيطًا: هل يمكننا أنْ نعرف أكثر من الأولين؟ في الألف سنة التي سبقت مجيء فيزاليوس كان الجواب كلا، ولكن بدأت الإجابة بعد مجيء فيزاليوس بالتغير تدريجيًا. بدأ الناس يفكرون: إذا كان قد تمّ اكتشاف كل شيء يستحق المعرفة، فما الفائدة من إزعاج أنفسنا؟ ولكن إذا بحثت بنفسي، ربما أستطيع رؤية شيء لم يره أحد من قبل. شجع فيزاليوس الأطباء والعلماء على البدء في الإزعاج.

الفصل الحادي عشر



أين يقع مركز الكون؟

كل صباح، تشرق الشمس من الشرق، وفي كل مساء، تغيب في الغرب. يمكننا أنْ نراها تتحرك ببطء على مدار اليوم، مخلفة لنا ظلالًا طويلة أو قصيرة، أمامنا أو خلفنا، اعتمادًا على مكان وجودها. قم بهذه التجربة في منتصف النهار، وشاهد ظلك تحتك. لا شيء يمكن أنْ يكون واضحًا جدًا كهذا المنظر، وبما إنه يحدث كل يوم، فإذا لم تكن رأيته اليوم يمكنك مشاهدته غدًا.

بالطبع فإن الشمس لا تدور حول الأرض في كل يوم. يمكنك أنْ تفهم مدى صعوبة إقناع الناس بأن ما يبدو واضحًا جدًا ليس هو ما يحدث في الواقع. فلنقولها على هذا النحو: الأرض هي مركز كوننا، لأنها المكان الذي نكون فيه عندما

ننظر إلى الشمس والقمر والنجوم. إنها مركزنا، ولكنها ليست مركز الكون.

كل المنجمين في العالم القديم وضعوا الأرض في المركز. هل تتذكر أرسطو؟ وجاء من بعده، الفلكي اليوناني الأكثر تأثيرًا بطليموس، الذي بنى استنتاجاته استنادًا على ملاحظته الدقيقة لموضع النجوم ليلة بعد ليلة، وموسمًا بعد موسمًا، وسنة بعد سنة.

إن النظر إلى النجوم في ليلة صافية هي تجربة سحرية، والقدرة على التعرف على مجموعات، أو (أبراج) النجوم هي متعة عظيمة. من السهل تتبع نطاق الجوزاء عبر السماء عندما لا تكون هناك غيوم. ومن خلال هذا النطاق يمكن العثور على نجم الشمال وقد ساعد ذلك البحارة ليلًا في مواصلة الإبحار في الاتجاه الصحيح.

لقد برزت عدة مشاكل مع نموذج الكون الذي تكون فيه الأرض في المركز والأجسام السماوية تتحرك حولها في حركة دائرية منتظمة. خذ النجوم على سبيل المثال. إنها تغير أوضاعها بالتدريج فقط، مع مرور الليالي. كان الاعتدال الربيعي – عندما تكون الشمس مباشرة فوق خط الاستواء، مما يجعل النهار والليل متساويين في الطول – مهم دائما بالنسبة للفلكيين، وفي الواقع، هو مهم بالنسبة للجميع. وهو يصادف في 20 أو 21 آذار، والحادي والعشرين من آذار هو أول أيام الربيع رسميًا.

المشكلة هي أن النجوم تكون في مواضع مختلفة قليلًا في كل أول يوم من أيام الربيع، وهو الأمر الذي لا ينبغي أنْ يحدث

لو كانت تتحرك بحركة دائرية منتظمة حول الأرض. أطلق علماء الفلك على هذه الظاهرة (مبادرة الاعتدالين)، وكان عليهم أنْ يقوموا بحسابات معقدة لتفسير سبب حدوث ذلك.

كانت حركة الكواكب أيضًا لغزًا. عندما تنظر ببساطة إلى السماء في الليل بالعين المجردة، تظهر الكواكب كنجوم ساطعة. اعتقد علماء الفلك القدماء بوجود سبعة كواكب: هي عطارد والزهرة والمريخ والمشتري وزحل، بالإضافة إلى الشمس والقمر، والتي أطلقوا عليهما أيضًا اسم الكواكب. كان من الواضح إنهم أقرب إلى الأرض من ما أسموه (النجوم الثابتة)، والتي نسميها درب التبانة. وقد خلق رصد الكواكب مشاكل أكثر مما خلقه رصد النجوم الثابتة، لأنها لا تتحرك كما لو أنها تدور حول الأرض. فمن ناحية، لا يبدو أن حركتها ثابتة، ويبدو أن الكواكب في بعض الأحيان تدور حول نفسها. ولحل هذه المشكلة، قال علماء الفلك إن النقطة التي تدور حولها الكواكب ليست واقعة في مركز الأرض. لقد أطلقوا على هذه النقطة اسم معدل المسار وقد ساعد هذا المفهوم وغيره من الحسابات المنجمين على تفسير ما يمكنهم رؤيته في السماء ليلاً دون الحاجة إلى التخلص من النموذج تمامًا. وهذا يعني أن بإمكانهم افتراض أن الأرض كانت في مركز الأشياء وأن الأجسام السماوية الأخرى كانت تدور حولها.

ماذا سيحدث إذا وضعت الشمس في مركز الكون بدلاً من الأرض؟، وافترضت أن الكواكب (بما في ذلك الأرض

كواحدة منها) تدور حولها؟ نحن معتادون جدًا على هذا الرأي إلى الحد أنه من الصعب أنْ ندرك كم هي مثيرة هذه الخطوة. إنه يناقض ما نراه كل يوم، ويتعارض مع تعاليم أرسطو و(الأهم) إنه يتعارض مع تعاليم الكنيسة، يذكر سفر يشوع إنه طلب من الله أنْ يأمر الشمس بان لا تتحرك وتقف في مكانها دون حراك. لكن القول بأن الشمس تقع في مركز الأشياء كان بالضبط ما فعله وبجرأة كاهن بولندي يدعى كوبرنيكوس.

ولد نيكولاس كوبرنيكوس (1473 – 1543) ومات في بولندا، لكنه درس كلاً من القانون والطب في إيطاليا. توفي والده عندما كان في العاشرة من عمره، لذلك تولى شقيق أمه تعليم الصبي الذكي، في جامعة كراكوف، في بولندا. عندما حصل كوبرنيكوس، أصبح خاله إسقفًا لمدينة فراونبرغ التي تقع في بولندا على وظيفة في الكاتدرائية. وقد منحه هذا دخلاً كافيًا، مكّنه من الدراسة في إيطاليا، وعندما عاد، واصل ممارسة شغفه: وهو دراسة السماء. قام ببناء برج بدون سقف، حيث يمكنه استخدام أدواته الفلكية. وبما أنه لم تكن هناك أي تلسكوبات بعد، فقد سمحت له هذه الأدوات ببساطة قياس الزوايا بين الأجسام السماوية المختلفة والأفق، ومراحل القمر. كما إنه كان مهتمًا جدًا بظاهرة الكسوف، والتي تحدث عندما تقع الشمس والقمر، أو أحد الكواكب في طريق كوكب آخر، ويحجبها عن أنظارنا جزئيًا أو كليًا.

نحن لا نعرف بالضبط متى قرر كوبرنيكوس أن نموذجه عن السماوات والنظام الشمسي (كما نسميه الآن) كان أفضل من يشرح الملاحظات التي جمعها الناس على مدى آلاف السنين. ولكن في عام 1514 كتب مخطوطة قصيرة وعرضها على بعض الأصدقاء الموثوق بهم. ولم يجرؤ على نشرها. وقد صرح فيها، بوضوح تام بأن (مركز الأرض ليس هو مركز الكون)، و(نحن ندور حول الشمس مثل أي كوكب آخر). كانت هذه استنتاجات مؤكدة، وخلال العقود الثلاثة التالية، عمل كوبرنيكوس بهدوء على نظريته التي تقول بأن الشمس، وليس الأرض، هي مركز الكون. على الرغم من أنه قضى عدة ساعات في مراقبة السماء بنفسه، إلّا أنه كان في أفضل حالاته في التفكير بما شاهده الفلكيون الآخرون، وكيف يمكن تخفيف الصعوبات عن طريق وضع الشمس في مركز الكون وافتراض أن الكواكب تدور حولها. وتمّ تفسير العديد من الألغاز، مثل الكسوف، أو حركة الكواكب الغريبة إلى الأمام والخلف. إضافة إلى ذلك، تتمتع الشمس بدور مهم في حياة الإنسان، فهي تمنحنا الدفء والضوء، وجعلها مركز الكون هي وسيلة للاعتراف بأنه بدونها، ستكون الحياة على الأرض مستحيله.

كان لنموذج كوبرنيكوس نتيجة أخرى مهمة للغاية: فقد كان يعني أن النجوم كانت بعيدة عن الأرض أكثر مما كان يفترض أرسطو وغيره من المفكرين الأوائل. اعتقد أرسطو إن الزمن كان لانهائيًا لكن الفضاء كان ثابتًا. لقد علّمت الكنيسة

الناس أن الزمن كان ثابتًا (قبل بضعة آلاف من السنين، عندما خلق الله كل شيء)، وكذلك كان الفضاء، ربما باستثناء السماء نفسها. قبل كوبرنيكوس أفكار الكنيسة عن الزمان والخلق، لكن قياساته أخبرته أن الأرض كانت أقرب إلى الشمس من النجوم الأخرى. كما حسب المسافات التقريبية لبعد الشمس عن الكواكب وبعد القمر عن الأرض. كان الكون أكبر بكثير مما اعتقد الناس.

كان كوبرنيكوس يعلم أن أبحاثه ستصدم الناس، لكن عندما كبُر، قرر إنه يجب أنْ ينشر أفكاره. في عام 1542، أنهى كتابه الكبير، (ثورات الأجسام السماوية). ولكن في ذلك الوقت كان كوبرنيكوس رجلاً مسنًا ومريضًا. لذا فقد عهد بطبعه إلى صديقه، وهو قس آخر يدعى ريتشيوس، كان مطلعا على أفكاره. بدأ ريتشيوس العمل، لكنه اضطر للذهاب إلى العمل في إحدى الجامعات في ألمانيا، وأوكلت المهمة إلى كاهن آخر هو أندرياس أوسياندر.

كان أوسياندر يعتقد أن أفكار كوبرنيكوس كانت خطيرة، لذلك أضاف مقدمته الخاصة لهذا الكتاب العظيم، الذي طبع أخيرًا في 1543. وقد كتب فيه أن أفكار كوبرنيكوس لم تكن صحيحة في الواقع، ولكن كانت مجرد وسيلة ممكنة لحل بعض الصعوبات التي واجهت علماء الفلك من جراء اعترافهم بفكرة أن الأرض هي مركز الكون كان لأوسياندر الحق في التعبير عن رأيه الشخصي، لكنه فعل شيئًا غير نزيه تمامًا: لقد كتب هذه

المقدمة كما لو كانت من عمل كوبرنيكوس نفسه. وبما أنه لم يتم التوقيع عليها من قبل أي شخص، فقد افترض الناس أن هذا ما كان يريد كوبرنيكوس أنْ يقوله عن أفكاره، وكان كوبرنيكوس قريبًا من الموت وغير قادر على فعل أي شيء لتصحيح الانطباع الكاذب الذي أوحت به هذه المقدمة. وبناء على ذلك، ولما يقرب من مئة عام، افترض قراء هذا الكتاب الرائع أن كوبرنيكوس كان يكتفي بالتعبير عن طرق لتفسير ما نراه في السماء كل ليلة، وليس للاعتراف بحقيقة أن الأرض كانت تدور حول الشمس. جعلت هذه المقدمة من السهل على الناس تجاهل الرسالة الثورية في كتاب كوبرنيكوس. ومع ذلك قرأها كثير من الناس، وقد أثرت ملاحظاته وحساباته على علم الفلك في العقود التي تلت وفاته. تعمق اثنان من علماء الفلك المهمين بشكل خاص في أعماله إلى أبعد مدى. استلهم أحدهم، وهو تايكو براهي (1546 - 1601)، أفكاره من إصرار كوبرنيكوس على أن الكون يجب أنْ يكون كبيرًا جدًا، وبعيدًا عن النجوم. أدى رصده لكسوف الشمس في عام 1560 إلى إطلاق العنان لخياله، وعلى الرغم من أن عائلته الدنماركية النبيلة أرادت منه دراسة القانون، فإن الشيء الوحيد الذي كان يرضيه هو دراسة السماوات. في عام 1572، لاحظ نجمًا جديدًا مشرقًا في سماء الليل. كتب عن هذا (النجم الجديد) وجادل بأن ذلك أظهر أن السماوات لم تكن ثابتة تمامًا ولا تتغير. بنى بنفسه مرصدًا متقنًا على جزيرة قبالة سواحل الدنمارك، وزوده بأكثر الأدوات تقدمًا. (للأسف، لم تكن التلسكوبات

قد اخترعت بعد). في عام 1577م، اتبع مسار أحد المذنبات. والتي كان ينظر إليها عموماً على أنها نذير شؤم، لكن بالنسبة إلى تايكو، كان مسار المذنب يشير فقط إلى أن الأجسام السماوية لم تكن ثابتة في الأجواء الخاصة بها، ما دام المذنب قد عبرها.

قام تيكو بالعديد من الاكتشافات الهامة حول مواضع وحركات النجوم والكواكب، على الرغم من أنه اضطر في النهاية إلى إغلاق مرصده والانتقال إلى براغ، حيث أسس في عام 1597 مرصدًا فلكيًا جديدًا. بعد ثلاث سنوات، جعل من يوهانس كيبلر (1571 – 1630) مساعدا له. وعلى الرغم من أن تايكو لم يقبل بنموذج كوبرنيكوس عن أن الشمس تقع في مركز الأشياء، إلّا أن كيبلر كانت لديه نظرة مختلفة عن الكون، وقد ترك تايكو بعهدته جميع ملاحظاته ومخطوطاته عندما توفي في عام 1601. كان كيبلر مخلصًا لذكرى تايكو وقام بتحرير بعض أعماله. لغرض نشرها، لكنه أيضًا أخذ علم الفلك في اتجاه جديد تمامًا.

كان كيبلر يعيش حياة فوضوية عاصفة. توفيت زوجته وابنته الصغيرة، وقدمت والدته للمحاكمة بتهمة السحر. كان دينه بروتستانتيًا في الأيام الأولى للإصلاح، عندما كانت معظم السلطات كاثوليكية، لذلك كان عليه أنْ يراقب خطوته. كان يعتقد أن نظام السماوات قد أكّد تقديره الصوفي لخلق الله. وبسبب كل هذا، كانت مساهمته الدائمة في علم الفلك صعبة المراس ودقيقة للغاية. في خضم كتاباته، والتي غالبًا ما تكون

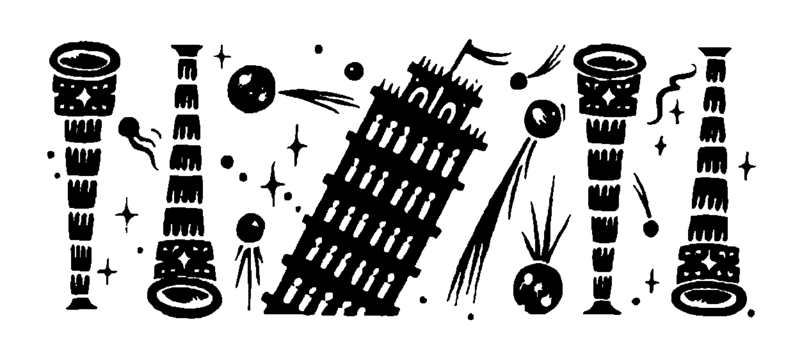
صعبة الفهم، وضع ثلاثة مفاهيم ما تزال تعرف باسم قوانين كيبلر. وكانت مهمة للغاية.

كان أول قانونين منهما مرتبطين ارتباطًا وثيقًا، ومما ساعده على اكتشافهما هي الملاحظات الدقيقة لحركات كوكب المريخ التي تركها تايكو. درس كبلر هذه الملاحظات لفترة طويلة قبل أنْ يدرك أن الكواكب لا تتحرك دائمًا بنفس السرعة. بدلاً من ذلك، فإنها تتحرك بشكل أسرع عندما تكون أقرب إلى الشمس، وبشكل أبطأ عندما تكون بعيدة عنها. ووجد إنه إذا رسمنا خطًا مستقيمًا من الشمس (التي تمثل مركز الكون) إلى الكوكب، فستكون منطقة القوس عندما يتحرك الكوكب بشكل ثابت، وليس بسرعة الكوكب. كان هذا هو قانونه الثاني، وكانت نتيجة أول قانون له: إن الكواكب لا تتحرك في شكل دائري منتظم، ولكن بشكل بيضوي، نوع من دائرة مسطحة. وعلى الرغم من أنه لم يتم التفكير في الجاذبية بعد، فإن كبلر كان يعلم إن نوعًا ما من القوة كان يؤثر على تحركات الكواكب. وأدرك إن القطع الناقص هو المسار الطبيعي لشيء يدور حول نقطة مركزية، كما تفعل الكواكب حول الشمس. أظهر قانون كبلر أن الفكرة القديمة عن الحركة الدائرية المنتظمة في السماء كانت خاطئة.

كان قانونه الثالث أكثر عملية: فقد أظهر أن هناك علاقة خاصة بين الزمن الذي يستغرقه الكوكب ليتمحور بالكامل حول الشمس ومتوسط المسافة التي تبعده عن الشمس. وقد سمح هذا الأمر لعلماء الفلك بحساب بعد الكواكب عن الشمس،

وليس التعرّف على مدى حجم نظامنا الشمسي فحسب، ولكن أيضًا مدى صغره بالمقارنة مع المسافات الهائلة بيننا وبين النجوم. لحسن الحظ، في نفس الوقت تقريبًا تمّ اختراع أداة علمية تساعدنا على النظر إلى أبعد من تلك المسافات. كان الرجل الذي حوّل التلسكوب إلى أداة ذات أهمية هائلة هو أشهر فلكي على الإطلاق: غاليليو غاليلي.

الفصل الثاني عشر



غاليليو البرج المائل والتلسكوب

لا بد أنْ يكون برج الجرس البالغ من العمر 850 عامًا في كاتدرائية مدينة بيزا في إيطاليا. أحد أغرب المباني في العالم ربما تعرفه باسم برج بيزا المائل. من الممتع التقاط صورة لصديق وهو يقف أمامه متظاهرًا بإمساكه ومنعه من السقوط.

هناك أيضًا قصص حول كيفية استخدام غاليليو للبرج لإجراء تجاربه الخاصة - حيث أسقط كرتين من أوزان مختلفة من الأعلى ليرى أيهما سيسقطان أولاً. في الواقع، لم يكن غاليليو يستخدم البرج، ولكنه قام بتجارب أخرى أظهرت له كيف ستكون النتيجة، فوجد أن كرة تزن 10 أرطال (تساوي 0,45 كيلو غرام) وأخرى تزن رطلاً واحدًا ستصلان الأرض في نفس الوقت. ومثلما أن الشمس لا تدور حول الأرض كل يوم، يبدو

أن هذه التجربة تتعارض مع تجربتنا اليومية. ومع ذلك، لا تسقط الريشة والكرة من البرج بنفس المعدل. لماذا تصل الكرات المختلفة الأوزان إلى الأرض في نفس الوقت؟

ولد غاليليو غاليلي (1564 – 1642) في بيزا. (كان غاليلي هو اسم العائلة، لكن بطلنا معروف دائمًا باسمه الأول) كان الأب موسيقيًا ونشأ غاليليو في فلورنسا القريبة. عاد إلى جامعة بيزا عندما كان شابًا، حيث بدأ في دراسة الطب، لكنه كان على الدوام مهتمًا أكثر بالرياضيات، وعندما غادر الجامعة اشتهر بالذكاء وسرعة البديهة. في عام 1592، ذهب إلى بادوفا لتدريس الرياضيات وما نسميه اليوم بالفيزياء. وحينما كان هناك كان ويليام هارفي، الذي سنلتقي به قريبًا، طالبًا، ومن المؤسف أن الاثنين ربما لم يلتقيا أبدًا.

كان غاليليو ينجذب طوال حياته نحو الأفكار المثيرة للجدل. ويبدو أن أفكاره كانت دائمًا تتحدى وجهات النظر السائدة، خصوصًا أرسطو والعلماء القدماء الآخرين في مجال علم الفيزياء والفلك. كان كاثوليكيًا صادقًا، ولكنه كان يعتقد أيضًا بأن الدين يتعلق بالأخلاق والإيمان، بينما يتعامل العلم مع العالم المادي المرئي. وعلى حد تعبيره، فان الكتاب المقدس يعلمنا كيف نسير إلى السماء، وليس كيف تسير السماء. وهذا جعله يصطدم مع الكنيسة الكاثوليكية، التي كانت تدافع عن نفسها بقوة ضد أولئك الذين يتجرؤون على تحدي أفكارها أو سلطتها. وبدأت الكنيسة أيضًا في مراقبة العدد المتزايد من

الكتب التي تصدرها المطابع، حيث أدرجت بعض الكتب غير المقبولة في قائمة أطلق عليها اسم (Index Librorum Prohibitorum) - (قائمة الكتب الممنوعة).

تلقى غاليليو، الذي كان لديه العديد من الأصدقاء في أوساط نخبة المجتمع (بما في ذلك الأمراء والأساقفة والكرادلة وحتى الباباوات)، الدعم من العديد من الكهنة، لكن آخرين كانوا مصممين على عدم السماح لأفكاره بان تطيح بتعاليمهم التي مضت عليها قرون.

كان انشغال غاليليو المبكر يركز على القوى الموجودة في الأجسام المتحركة. ومنذ البداية كان شخصًا يريد أنْ يراقب ويقيس الأشياء بنفسه، وأنْ يقوم بالتعبير عن النتائج التي يحصل عليها رياضيًا حيثما أمكن. في واحدة من أشهر تجاربه، قام بدحرجة كرة بعناية على سطح مائل وقاس المدة التي استغرقتها للوصول إلى مسافة معينة. وكما يمكنك أنْ تتخيل، فان الكرة تكتسب السرعة أثناء تحركها نحو أسفل المنحدر (يمكن أن نقول إنها تتسارع). رأى غاليليو أن هناك علاقة خاصة بين سرعة الكرة والزمن الذي قطعته منذ أن بدأت تتحرك. كانت المسافة مرتبطة بمربع (وهو يعني قيمة مضروبة في ذاتها، مثل 3 × 3) الزمن المستغرق. لذلك، بعد مرور ثانيتين، اكتشف غاليليو أن الكرة سوف تتحرك بسرعة مقدارها أربعة أضعاف يظهر مربع الزمن المستغرق أيضًا في اعمال العلماء اللاحقين، لذا ابحث عنه. يبدو أن الطبيعة تحب الأشياء المربعة.

في كل هذه التجارب، والعديد من التجارب الأخرى، أظهر غاليليو إنه عالم متجدد للغاية، لأنه كان يعلم أن قياساته الفعلية لم تكن دائمًا متماثلة تمامًا. أحيانًا يتشتّت انتباهنا بسبب شي مزعج، أو يستغرق الأمر وقتًا لتسجيل ما نراه، أو أن المعدات التي نستخدمها غير كفوءة. ومع ذلك، فهذه هي أنواع الملاحظات التي يمكن أنْ نسجلها عن العالم الحقيقي، وكان غاليليو دائمًا أكثر اهتمامًا بالعالم كما هو على حقيقته، وليس العالم المجرد حيث يبدو كل شيء فيه دائماً مثاليًا ودقيقًا.

أظهر عمل غاليليو المبكر على الأجسام المتحركة مدى اختلاف رؤيته للعالم مقارنة بأرسطو والمئات من المفكرين الذين جاءوا بعده، وعلى الرغم من أن أرسطو كان ما يزال يحظى بأهمية كبيرة في الجامعات، والتي كانت تحكمها جماعات دينية. فان غاليلو تمكن في عام 1609، من معرفة أداة جديدة من شأنها تحدي طريقة التفكير القديمة بشكل أكثر جدية. سرعان ما سُميت هذه الأداة (بالتلسكوب) المقراب، وهي كلمة تعني (الرؤية عن بعد)، تمامًا مثل كلمة تلفون (الهاتف) التي تعني (التحدث عن بُعد) و(الميكروسكوب) المجهر وتعني (الرؤية عن قرب). لقد شكل كلاً من المقراب والمجهر أداتين مهمتين للغاية في تاريخ العلم.

لم يكن التلسكوب الأول الذي صنعه جاليليو يستطيع التكبير إلّا بشكل بسيط، لكنه كان شديد الإعجاب به. سرعان ما قام بتحسينه من خلال الجمع بين عدستين، حتى يتمكن من

الحصول على قوة تكبير تعادل حوالي خمسة عشر ضعف قوة التكبير. التي نتوقعها من نظّارة عادية اليوم. هذا لا يبدو شيئًا خارقًا، لكنه خلق في وقته ضجة كبيرة. فباستخدامه، أصبح بإمكان المرء أنْ يرى البواخر القادمة من البحر قبل فترة طويلة من رؤيتها بالعين المجردة. والأهم من ذلك، إن غاليليو حوّل تلسكوبه إلى السماء، وأدهشه ما وجده هناك.

عندما نظر إلى القمر، أدرك أنه لم يكن تلك الكرة المكتملة والناعمة والدائرية التي كان يفترضها الناس. كانت فيه الجبال والحفر. وبعد أنْ حوّل تلسكوبه نحو الكواكب، لاحظ تحركاتها عن كثب، واكتشف أن أحد الكواكب وهو، المشتري، كانت لديه أقمار كما كان للأرض قمرها. وأن هناك كوكب آخر، هو زحل، يحتوي على كتلتين مستديرتين كبيرتين لا تشبه الأقمار، والتي نطلق عليها الآن اسم (حلقات). وأصبح بإمكانه أنْ يرى حركات كوكبي الزهرة والمريخ بشكل أكثر وضوحًا، وبات مدركًا إنهما يغيران اتجاههما وسرعتهما بطريقة منتظمة ويمكن التنبؤ بها. كانت الشمس تحتوي على مناطق أو بقع داكنة، تتحرك قليلاً كل يوم في أنماط منتظمة. (تعلَّم أنْ ينظر إليها بطريقة غير مباشرة، لحماية عينيه، كما يجب). كشف تلسكوبه أن مجرة درب التبانة، التي تبدو بقعة ضبابية رائعة من الضوء عند النظر إليها بالعين المجردة في ليلة صافية، كانت في الواقع تتألف من الآلاف والآلاف من النجوم الفردية، البعيدة جدًا عن الأرض.

قام غاليليو باستخدام تلسكوبه بتسجيل هذه الملاحظات والعديد غيرها. وألّف عنها في عام 1610 كتابًا اسماه Starry Messenger رسول النجوم، والذي خلق في حينه ضجة كبيرة. وكل فقرة منه تدعونا إلى التساؤل عما كانت عليه آراء الناس بخصوص السماء. واعتقد البعض أن أفكار غاليليو استندت إلى حيل أوجدها (أنبوبه الجديد، كما كان يُطلق على التلسكوب، لأن ما لا يمكن رؤيته بالعين المجردة قد لا يكون موجودًا. كان على غاليليو أنْ يحاول إقناع الناس بأن ما كان يظهره تلسكوبه هو أشياء حقيقية.

والأمر الذي كان أكثر غرابة، وخطورة، هو أن ملاحظات غاليليو كانت دليلاً جيدًا على كون كوبرنيكوس كان على حق في إشارته إلى أن القمر كان يدور حول الأرض، وإن الأرض والقمر والكواكب الأخرى كانت تدور حول الشمس. وبحلول ذلك الوقت، كان كتاب كوبرنيكوس قد طبع منذ ما يقرب من سبعين عامًا، وكان لديه عدد من الاتباع، من البروتستانت والكاثوليك. كان الموقف الرسمي للكنيسة الكاثوليكية هو أن أفكار كوبرنيكوس كانت مفيدة في شرح تحركات الكواكب، ولكنها لم تكن صحيحة بالمعنى الحرفي للكلمة. لأنها لو كانت كذلك، فإن الكثير من مقاطع الكتاب المقدس ستكون متناقضة، ويجب إعادة التفكير بها مرة أخرى.

لكن غاليليو أراد أنْ يخبر الناس عن اكتشافاته الفلكية. فذهب إلى روما عام 1615 على أمل الحصول على تصريح من الكنيسة لتدريس ما تعلمه. كثير من الناس – حتى البابا – تعاطفوا

معه، ولكن الكتابة عن نظام كوبرنيكوس أو تدريسه كان ما يزال محظورًا. لكنه لم يستسلم تمامًا، فذهب إلى روما مرة أخرى في عامي 1624 و1630 من أجل جس النبض، على الرغم من أنه أصبح كبيرًا في السن وليس بصحة جيدة. وقد أصبح مقتنعًا بأنه طالما كان حريصًا على تقديم النظام الكوبرنيكي باعتباره احتمالاً فقط، فإنه سيكون آمنًا. كتب غاليلو عمله، حوار بين النظامين الرئيسين في العالم الذي يتناول علم الفلك على شكل محادثة بين ثلاثة أشخاص: واحد يمثل أرسطو، والآخر يمثل كوبرنيكوس، والثالث يعمل كمضيف. وبهذه الطريقة، يمكن لغاليليو أنْ يناقش إيجابيات وسلبيات الأفكار القديمة والجديدة حول الكون دون أنْ يقول ما هو صحيح أو خطأ.

كان كتابًا رائعًا، مليئًا بالطرائف، ومكتوبًا، مثل معظم أعمال غاليليو، بلغته الأم الإيطالية. (ما يزال هناك علماء من جميع أنحاء أوروبا يؤلفون كتبهم باللغة اللاتينية) منذ البداية، كان من الواضح تمامًا إلى أي جانب كان يقف غاليليو. ولهذا، سميت الشخصية التي تمثل أرسطو باسم سيمبليسيو. وفي الحقيقة، كان هناك في الواقع معلق قديم على كتابات أرسطو يحمل هذا الاسم، ولكن في اللغة الإنكليزية، وكما هو الحال باللغة الإيطالية كان الاسم يشير إلى ما يشبه كلمة ساذج، فلم تكن هذه الشخصية ذكية أبدًا. أما كوبرنيكوس فقد أطلق عليه اسم سالفياتي وهو الاسم الذي يوحي بـ (الحكمة) و(الأمان) فكان يمتلك أفضل الأفكار والحجج.

حاول غاليليو جاهدًا الحصول على موافقة الكنيسة الرسمية على نشر كتابه. كان الرقيب الذي في روما وصاحب القرار في تحديد الكتب التي يسمح بنشرها، متعاطفًا مع غاليليو، لكنه كان يعلم إنه سيثير المشاكل لذلك قام بتأخير إصداره القرار. مضى غاليليو قدمًا وقام بطبع الكتاب في فلورنسا. عندما قرأه كبار رجال الكنيسة في روما، انزعجوا من الأمر، وتمّ استدعاء الرجل العجوز إلى روما. أخرج أحدهم نسخة من قرار حظر قديم يمنعه من تدريس نظام كوبرنيكوس، وبعد أن أجريت له في عام 1633 (محاكمة) شكلية استمرت لمدة ثلاثة أشهر، اضطر غاليليو إلى القول إن كتابه كان خطأً ونتاجًا لغروره. وقال في اعترافه الموقّع إن الأرض لا تتحرك وهي مركز الكون. هناك أسطورة تقول إن غاليليو تمتم على الفور بعد أن تمت إدانته، بعبارة (ولكنها تدور). وبغض النظر عما إذا كان قد قالها بصوت عالٍ أم لا، فهو كان مؤمنًا بها بالتأكيد، لأن الكنيسة لا تستطيع إجباره على تغيير معتقداته حول طبيعة العالم.

كان للكنيسة القدرة على إلقاء غاليليو في السجن وحتى تعذيبه، لكن هيئة المحلفين اعترفت بأنه كان شخصا غير عادي، ووضعته تحت الإقامة الجبرية بدلاً من ذلك. لم تكن الفترة الأولى من (الإقامة الجبرية) التي امضاها في مدينة سيينا على قدر كبير من التشدد – فقد كان نجمًا للعديد من حفلات العشاء – لذا أصرت الكنيسة على أنْ يعود إلى منزله خارج فلورنسا، حيث يمكن مراقبة زواره بشكل جيد. ماتت إحدى بنات غاليليو

(وكانت راهبة) بعد فترة وجيزة، وعاش سنواته الأخيرة وحيدًا لكنه واصل عمله، وعاد إلى البحث في مشاكل سقوط الأجسام والقوى التي تنتج أنواع الحركة التي نراها من حولنا كل يوم. وأصبح عمله العظيم، (علمان جديدان) (صدر في عام 1638)، أحد أسس الفيزياء الحديثة. فقد بحث مرة أخرى في تسارع الأجسام المتساقطة، واستخدم الرياضيات لإظهار أن التسارع يمكن قياسه بطريقة سبق بها العمل الشهير الذي كتبه إسحاق نيوتن فيما بعد عن موضوع الجاذبية. كما عرض طريقة جديدة للتفكير في مسارات الأشياء التي يتم إطلاقها في الهواء، مثل قنابل المدافع، والتي توضح كيف يمكن التنبؤ بالمكان الذي ستسقط فيه. هذا العمل، أخذ مفهوم (القوة) - وهو التأثير المسلط على شيء ما وجعله يتحرك بطريقة معينة - مكانه في دراسة الفيزياء.

إذا كنت قد سمعت عبارة (تمرد دون سبب)، فإن غاليليو كان متمردًا لسبب ما. الشيء الذي حارب من أجله هو نظرته إلى العلم كأداة للمعرفة يمكن أنْ تشرح الطريقة التي يعمل بها العالم بقوانينه الخاصة. تمّ التخلي عن بعض أفكاره المتمردة في وقت لاحق لأنها كانت خاطئة، أو لم تشرح الأمور بشكل كامل. ولكن هذه هي الطريقة التي يعمل بها العلم دائمًا، ولا يوجد مجال في العلم لكتاب مغلق يحتوي على جميع الإجابات. وقد كان غاليليو يدرك ذلك تمامًا وهو ما يجب على جميع العلماء المعاصرين إدراكه.

الفصل الثالث عشر



هارفي ودوران الدم

يعود أصل كلمتي دورة ودوران إلى (cycle) و(circulation) الكلمة اللاتينية الأصلية (دائرة) والحركة الدائرية أو قيامك بالدوران تعني إنك تستمر في التحرك وتعود في النهاية إلى المكان الذي بدأت منه، دون أنْ تلاحظ بالضرورة إنك عدت إلى البداية. لا توجد العديد من الدوائر المنتظمة في الطبيعة، ولكن هناك الكثير من الدوران. الأرض تدور حول الشمس. ودورة المياه في الطبيعة عندما يتبخر الماء من سطح الأرض ثم يعود ليسقط عليها على شكل مطر. وتهاجر العديد من الطيور مسافات طويلة كل عام، ثم تعود إلى نفس المنطقة لتتكاثر وتبدأ دورتها السنوية مرة أخرى. في الواقع، فإن العملية الطبيعية

للولادة والنمو والوفاة، متبوعة بتكرار الدورة في جيل جديد، هي نوع من أنواع الدوران.

هناك أيضًا الكثير من الدورات، أو الدورانات، داخل أجسامنا. وواحدة من أهمها هي تلك التي يشترك فيها القلب والدم. كل قطرة من الدم تدور عبر أجسامنا حوالي خمسين مرة كل ساعة في حياتنا. وهذا يختلف، بطبيعة الحال، اعتمادًا على ما نقوم به من نشاط: فإذا كنا نركض، فان قلوبنا تضطر إلى أنْ تنبض بشكل أسرع، ويكون وقت الدوران قصيرًا؛ عندما نكون نائمين، فتنبض قلوبنا ببطء أكثر وتستغرق قطرة الدم وقتًا أطول حتى تصل إلى القلب. في هذه الأيام، نتعلم كل هذا في المدرسة، لكن في الماضي لم يكن هذا دائمًا واضحًا تمامًا. الرجل الذي اكتشف أن دماءنا تدور كان طبيبًا إنكليزيًا يدعى ويليام هارفي (1578 – 1657).

كان والد هارفي مزارعًا وأصبح تاجرًا ناجحًا، وهي المهنة التي تابعها أيضًا خمسة من إخوة هارفي الستة. إلّا أن ويليام هارفي اختار الطب كمهنة، وبعد أن أنهى دراسته في جامعة كامبريدج عام 1600، ذهب إلى جامعة بادوفا، حيث كان فيزاليوس يعمل قبل بضع سنوات، وحيث كان غاليليو يقوم حينها بأبحاثه في علم الفلك والفيزياء.

أحد اساتذة هارفي في كلية الطب في جامعة بادوفا كان يدعى فابريزي 1537 – 1619 من مدينة اكوابيندينتي الإيطالية واصل فابريزي العمل وفق تقاليد البحث التي بدأها أرسطو منذ فترة

طويلة، والتي ألهمت هارفي أيضًا. تعلّم الأستاذ والتلميذ درسين مهمين من أرسطو. أولاً، إن أعضاء أجسام الكائنات الحية، بما في ذلك البشر، اكتسبت هذا الشكل، أو الهيكل، بسبب نوع العمل الذي يتعين عليها القيام به. إن عظامنا وعضلاتنا، على سبيل المثال، تمّ تجميعها بطريقة تمكننا أنْ نركض أو نلتقط الأشياء، وما لم يكن هناك شيء خاطئ فينا، فإننا حتى لا نلاحظ إنها تعمل بالطريقة التي يبدو أنها مصممة لها. اعتقد أرسطو أيضًا إن كل شيء داخل النباتات والحيوانات له غرض أو وظيفة محددة، لأن الخالق لم يخلق أي جزء دون أنْ تكون له فائدة. فعيوننا مصممة بالطريقة التي تمكننا من أنْ نرى؛ وكذلك الأجزاء الأخرى من أجسامنا، مثل المعدة، والكبد، والرئتين والقلب. كل جهاز له بنيته الخاصة، لتمكنه من أداء وظيفته الخاصة. كان هذا النهج لفهم الطريقة التي تعمل بها أجسادنا يسمى (التشريح الحي)، وكان مفيدًا بشكل خاص في معرفة (المنطق) الذي تعمل على أساسه أجسامنا. كان من الواضح للأطباء أن العظام كانت صلبة، وإنها حافظت على شكلها هذا، لأنها يجب أنْ تدعم أجسامنا عندما نسير أو نركض. إن عضلاتنا أكثر نعومة ومرونة لأن تقلصها وتمددها تساعدنا على الحركة. ومع ذلك لم يكن واضحًا عمل القلب، وعلاقته بالدم والأوعية الدموية، يمكن فهم هذا الموضوع باستخدام نفس المنطق. ربما يجب أنْ نقول إن القلب يتناسب مع نظرتنا الحالية إلى وظائفنا الجسدية لأننا لدينا العالم هارفي الذي يرشدنا في ذلك.

ثانيًا، أصرّ أرسطو على الدور المركزي الذي يلعبه القلب والدم في حياتنا، بعد مراقبته القلب النابض الصغير الذي كان أول علامة للحياة في فرخ بيضة الدجاجة. أقتنع هارفي بمقولة أرسطو عن أن القلب هو مركز الحياة. وأصبح القلب ودوران الدم يشكلان محور مهنة هارفي الطبية. أما فابريزي أستاذ هارفي، فقد اكتشف أمرًا ذا أهمية حيوية بالنسبة لهارفي: فقد وجد أن العديد من الأوردة الكبيرة تحتوي في داخلها على صمامات. وان هذه الصمامات موجودة بطريقة معينة بحيث لا يسلك الدم من خلالها إلّا طريقًا ذا اتجاه واحد فقط: نحو القلب. اعتقد فابريزي إن وظيفتها كانت لمنع تجمع الدم في أرجلنا، أومنع اندفاعه إلى الدماغ بقوة كبيرة جدًا. استفاد هارفي من كل هذه الدروس عندما عاد إلى إنكلترا بعد أن أكمل دراسته في بادوفا.

انتقلت مهنة هارفي من نجاح إلى نجاح. ففتح عيادة طبية في لندن، وحصل على وظيفة في مستشفى سانت بارثولوميو، وسرعان ما طلب منه إلقاء محاضرات على الجراحين حول التشريح وعلم وظائف الأعضاء. وأصبح طبيبًا لاثنين من ملوك إنكلترا، جيمس الأول ثم ابنه تشارلز الأول. لم يساعده قربه من الملك تشارلز خلال هذه الفترة، خصوصًا بعد أنْ أطيح بالملك من قبل مجموعة من البروتستانت تسمى البيورتانيون في إحدى المرّات، تعرض منزل هارفي للهجوم والحرق، ومعه العديد من مخطوطات الكتب التي كان يأمل في نشرها. كانت هذه خسارة كبيرة للعلم، حيث كان هارفي يدرس العديد من

المواضيع بما في ذلك التنفس والعضلات وكيف تتكون الحيوانات من البيض المخصب. حتى أن الملك تشارلز سمح باستخدام بعض حيواناته الملكية في تجارب هارفي.

كان هارفي مفتونًا دومًا بالدم في جسم الإنسان. كان يعتقد إنه بالفعل الجزء الأساس الذي يحدد معنى أنْ تكون على قيد الحياة. كما إنه قام أيضًا بكسر بعض البيض، ورأى إن أول علامة للحياة كانت بقعة من الدم، تنبض بطريقة متوازنة. وينطبق الشيء نفسه على الحيوانات الأخرى التي قام بفحصها عندما كانت ما تزال أجنّة (ما تزال تنمو في داخل البيضة أو داخل رحم أمهاتها). كان القلب، الذي لطالما ارتبط بالدم، قد سحر هارفي. يعلم الجميع إنه عندما تتوقف دقات القلب، يموت الشخص أو الحيوان. وهكذا، بينما كان الدم ضروريًا لبدء الحياة، فإنها تنتهي عندما يتوقف القلب عن الخفقان.

ينبض قلبنا معظم الوقت من دون أنْ نشعر به. لكن في بعض الأحيان، يمكنك أنْ تشعر بقلبك على سبيل المثال، عندما تكون عصبيًا أو خائفًا، أو عندما تمارس الرياضة، فتشعر بأن قلبك يضرب جدار صدرك بعنف: وتسمع دقاته على هذا النحو دوم دووم، دوم دووم. أراد هارفي فهم (حركات) القلب، أي ما يحدث في الواقع عندما يدق القلب. في كل دقة قلب، ينمكش القلب وهي عملية تعرف باسم (الانقباض) ثم يسترخي (الانبساط). قام هارفي بتشريح العديد من الحيوانات الحيّة من أجل مراقبة خفقان قلوبها، وخاصة الثعابين والحيوانات الأخرى

ذات الدم البارد (تلك التي لا تستطيع تنظيم درجات حرارة أجسامها). كانت قلوبها تدق بشكل أبطأ بكثير من قلوبنا، لذلك استطاع أنْ يراقب ضربات قلوبها بسهولة أكبر. ورأى كيف أن الصمامات داخل القلب تفتح وتغلق، في كل نبضة قلب، في تسلسل منتظم. فأثناء الانقباض، تغلق الصمامات التي تربط بين حجرتي القلب، وتفتح الصمامات التي تربط القلب بالأوعية الدموية. وعند استرخاء القلب، يحدث العكس، ويتم فتح الصمامات الداخلية، بينما يتم إغلاق الصمامات التي تربط بين القلب والأوعية الدموية (الشريان الرئوي والشريان الأبهر). وخطر في بال هارفي أن هذه الصمامات تعمل تمامًا مثل صمامات الأوردة التي اكتشفها أستاذه فابريزي، ويبدو أن وظيفتها هو جعل الدم يسير في اتجاه ثابت.

قام هارفي بتجارب عديدة لمساعدة الآخرين على رؤية ما كان يفكر فيه. وكانت إحدى هذه التجارب بسيطة جدًا. نضع ضمادة ضيقة (تدعى عاصبة) حول الذراع: وتكون ضيقة جدًا، بحيث لا يمكن لأي دم أنْ يدخل في الذراع، ستصبح اليد شاحبة جدًا. إذا خففتها قليلاً، يمكن أنْ يدخل الدم لكنه لا يستطيع أنْ يعود إلى القلب، وتصبح اليد حمراء جدًا. ويظهر هذا أن الدم دخل إلى الذراع عند ضغط معين، والذي سبق أنْ منعته الضمادة الضيقة بشكل كامل. وقد سمح تخفيفها للدم بالوصول عبر الشرايين، ولكن ليس للخروج من الذراع عبر الأوردة.

بعد أنْ تفحص هارفي العديد من القلوب وفكر فيها بعمق، حقق هارفي قفزة مهمة في فهمنا لعملها. لقد تمكن من عمل ذلك في وقت قصير جدًا فكثير من الدم الذي كان محتجزًا في الجسم كله مرّ من خلال القلب. وكان من المستحيل صنع كمية كافية من الدم لكل نبض قلب جديد من أجل ضخ دم جديد، ناهيك عن وجود جسم بشري يحوي كل ذلك. لذلك، يجب أنْ ينتقل الدم من القلب مع كل نبضة، وينتقل عبر الشرايين، إلى الأوردة، ومن ثم يعود إلى القلب لبدء دورة جديدة من عملية (دورانه).

«لقد بدأت أدرك بيني وبين نفسي إن الدم يتحرك، كما لو كان يسير، في دائرة» كتب هارفي هذه الكلمات (باللاتينية) في عام 1628، في كتاب قصير بعنوان (عن حركة القلب). يبدو كما لو أنه بدأ بكتابة شيء ما عن تقلص القلب واسترخاءه، وانتهى به المطاف إلى اكتشاف الوظائف التي تؤديها هذه العملية. فقد أشار إلى أن الدم يتم ضخه إلى الرئتين (من الغرفة اليمنى للقلب)، ومن اليسار يتم ضخه أيضًا إلى الشريان الأكبر، الأبهر. ثم يتدفق الدم من الشريان الأورطي إلى الشرايين الأصغر التي تتفرع منه، ثم ينتقل إلى الأوردة، حيث تضمن الصمامات أنْ يتدفق الدم في الاتجاه الصحيح ويعود إلى الجانب الأيمن من القلب من خلال الوريد الأكبر، الوريد الأجوف.

ومثلما فعل فيزاليوس، أصرّ هارفي دائمًا على رغبته في التعرف على بنية ووظائف أعضاء الجسم من خلال تجاربه الخاصة، وليس من الكتب التي كتبها آخرون. وعلى خلاف فيزاليوس، كان يعمل

في الغالب على الحيوانات الحية، وليس الجثث البشرية. لم يشرع في تحدي ألفي عام من الدروس الطبية حول القلب والدم، لكنه عرف أن نتائجه ستكون مثيرة للجدل، لأنها ستظهر أن نظرية جالينيوس عن القلب والدم كانت خاطئة. ودافع عن أفكاره ضد النقد الذي وجه لها من بعض الناس، ومعظمهم كانوا من أتباع جالينوس، الذين ظنوا أن أفكاره متطرّفة للغاية. لكن كانت هناك فجوة مهمة واحدة في نظريته: فهو لم يستطع الإجابة عن السؤال الحاسم حول كيفية وصول الدم من أصغر الشرايين إلى أصغر الأوردة، لبدء رحلة العودة إلى القلب.

وبالتزامن مع وقت وفاة هارفي تقريبًا تمّ حل هذا الجزء الصغير من اللغز على يد أحد تلاميذه الإيطاليين، مارشللو مالبيغي (1628 - 1694)، الذي كان خبيرًا في استخدام أداة جديدة تسمى الميكروسكوب، والتي كانت موجودة منذ تسعينيات القرن السادس عشر. لكن تم تحسينها في زمن مالبيغي الذي كان قادرًا على النظر عن كثب أكثر من أي شخص آخر في التراكيب الرقيقة الموجودة في الرئة والكليتين والأعضاء الأخرى، وكشف عن القنوات الصغيرة التي تربط النهايات الصغيرة في الشرايين والأوردة: والتي تدعى بالشعيرات الدموية. وبذلك اكتملت (الدائرة التي اكتشفها هارفي).

من خلال عمله الرائد، أظهر هارفي ما الذي يمكن أنْ تكشف عنه التجارب الدقيقة، ومع قبول أفكاره على نطاق واسع، اعترف به الناس كمؤسس للطريقة التجريبية في علم

الأحياء والطب. وهذا شجع الآخرين على البحث والتدقيق بأنفسهم في وظائف أعضاء الجسم الأخرى مثل ما الذي يحدث في الرئتين عندما نتنفس، أو في المعدة عندما نهضم طعامنا. ومثلما فعل فيزاليوس وغاليليو قبله، ساعد هارفي الناس على إدراك أن المعرفة العلمية يمكن أنْ تتوسع، وأننا نستطيع أنْ نعرف المزيد عن الطبيعة أكثر من الأشخاص الأذكياء الذين عاشوا منذ ألف عام (أو حتى خمسين سنة) قبلنا.



الفصل الرابع عشر



بيكون وديكارت المعرفة قوة

في القرن الذي فصل ما بين كوبرنيكوس وغاليليو، انقلب العالم رأسًا على عقب على يد العلم. لم تعد الأرض في مركز الكون، وحدثت اكتشافات جديدة في علم التشريح وعلم وظائف الأعضاء والكيمياء والفيزياء ذكّرت الناس إن الأولين لم يكونوا يعرفوا كل شيء. ومع هذا كان ما يزال هناك الكثير الذي يجب اكتشافه.

بدأ الناس أيضًا التفكير في العلم نفسه. ما هي أفضل طريقة للقيام بذلك؟ كيف يمكننا التأكد من أن الاكتشافات الجديدة كانت دقيقة؟ وكيف يمكننا استخدام العلم لتحسين وسائل راحتنا وصحتنا وسعادتنا؟ كان هناك شخصان على وجه

الخصوص فكرا بشكل متعمق في العلوم: أحدهما محامٍ وسياسي إنكليزي، والآخر فيلسوف فرنسي.

الشخص الإنكليزي كان هو فرنسيس بيكون (1561 - 1626). صعد نجم والده، نيكولاس بيكون، بعد أنْ بدأ بدايات متواضعة ليصبح مسؤولاً ذا نفوذ يعمل لدى الملكة إليزابيث الأولى. لقد أدرك نيكولاس مدى أهمية التعليم، لذلك أرسل ابنه إلى جامعة كامبردج.

وعمل فرانسيس، أيضًا، في خدمة الملكة إليزابيث، وكذلك في خدمة الملك جيمس الأول، بعد وفاة إليزابيث. كان خبيرًا في القانون الإنكليزي، وشارك في عدة محاكمات مهمة، وبعد أنْ بات يشغل منصب قاضي القضاة، أصبح إحدى الشخصيات القانونية الرئيسة في عصره. وكان نشطًا أيضًا كعضو في البرلمان.

كان بيكون متحمسًا جدًا للعلوم. كان يمضي الكثير من الوقت في إجراء التجارب الكيميائية ومراقبة جميع أنواع الأشياء الغريبة في الطبيعة، من النباتات والحيوانات إلى الطقس والمغناطيسية. وما كان أكثر أهمية من أي اكتشاف قام به هو حججه الممتازة والمقنعة حول أهمية العلم، وكيف ينبغي استخدامه. حث بيكون الناس على إدراك أهمية العلم. وقال عبارته الشهيرة (المعرفة هي القوة)، والعلوم هي أفضل طريقة لتحقيق هذه المعرفة. لذلك شجع الملكة إليزابيث والملك جيمس على استخدام المال العام لبناء المختبرات وتوفير أماكن للعلماء للقيام بعملهم. كان يعتقد إن العلماء يجب أن يشكلوا جمعيات أو أكاديميات، حتى

يتمكنوا من الاجتماع وتبادل أفكارهم وملاحظاتهم. وقال إن العلوم توفر للإنسان الوسائل لفهم الطبيعة، ومن خلال هذا الفهم، تمنحه القدرة على التحكم بها.

كتب بيكون بوضوح عن أفضل وسيلة لتقدم العلم. كان العلماء بحاجة للتأكد من أن الكلمات التي يستخدموها كانت دقيقة وسهلة الفهم من قبل الآخرين. كان عليهم أنْ يتعاملوا مع أبحاثهم وتجاربهم بعقول متفتحة، بدلاً من محاولة إثبات ما كانوا يعتقدون إنهم يعرفونه بالفعل. وقبل كل شيء، يجب عليهم تكرار تجاربهم وملاحظاتهم، حتى يكونوا متأكدين من نتائجهم. وهذه هي طريقة الاستقراء. على سبيل المثال، من خلال حساب المواد الكيميائية أو وزنها أو مزجها مرارًا وتكرارًا، يمكن للكيميائي أنْ يصبح واثقًا بشكل جيد بشأن ما يحدث. وكلما جمع العلماء المزيد والمزيد من الملاحظات أو الاستقراءات، سيصبحون متأكدين أكثر بشأن ما سيحدث. ويمكنهم استخدام هذه الاستقراءات لتشكيل التعميمات، والتي سوف تكشف لهم عن القوانين التي تتحكم بكيفية عمل الطبيعة. استمرت أفكار بيكون في إلهام العلماء لأجيال عديدة. ولا زالت تفعل ذلك حتى يومنا هذا.

كذلك فعل الفرنسي رينيه ديكارت (1596 – 1650). نفس الشيء، ولكن بطرق مختلفة خاصة به فقد فكر بعمق في أعمال هارفي وغاليليو. وكان ديكارت مثل غاليليو، كاثوليكيًا وكان يعتقد بحماس إن الدين يجب أنْ لا يدخل في دراسة العالم

الطبيعي. وكما فعل هارفي، فحص ديكارت الأجسام البشرية والحيوانية وشرح طريقة عملها بأساليب تجاوزت ما شرحه جالينوس. في الواقع، حاول ديكارت، حتى أكثر من هارفي أو غاليليو، تأسيس كلًا من العلم والفلسفة على أسس جديدة بالكامل. على الرغم من أننا نتذكره اليوم في الغالب كفيلسوف، إلّا أنه كان عالمًا ممارسًا أكثر من بيكون.

ولد ديكارت في لاهاي، في تورين، في فرنسا. وكان ولدا ذكيًا، ذهب إلى مدرسة شهيرة، تسمى لافلاش، في منطقة اللوار حيث يتم صنع النبيذ الفرنسي الفاخر في مدرسة لافلاش سمع باكتشافات غاليليو وتلسكوبه، وكيف وضع كوبرنيكوس الشمس في مركز الكون، ودرس أحدث الاكتشافات في علم الرياضيات. تخرج من كلية القانون في جامعة بواتييه، ثم قام بعمل مفاجئ للغاية: تطوّع في جيش من البروتستانت. احتدمت الحرب في أوروبا طوال مرحلة نضجه (حرب الثلاثين سنة)، وكان جزءًا منها لحوالي تسع سنوات. لم يحارب ديكارت في الواقع، على الرغم من أن معرفته بالرياضيات العملية، وأين يمكن أنْ تسقط قنابل المدافع، كان يمكن أنْ تساعد الجنود. كان مرتبطًا بالجيوش البروتستانتية والكاثوليكية خلال هذه السنوات، حيث كان يبدو دائمًا أن هناك أحداثًا سياسية أو عسكرية مهمة تحدث. لا نعرف ماذا كان يفعل، أو كيف حصل على المال اللازم لسفره الكثير. ربما كان جاسوسًا. وإذا كان الأمر كذلك، فمن المحتمل إنه قد عمل لصالح الكاثوليك، الذي ظل دائمًا مخلصًا لهم.

في إحدى مغامراته المبكرة، وبالتحديد في 10 تشرين الثاني عام 1619، كان مستلقيًا في غرفة دافئة مضاءة، وكان حينها نصف نائم، ونصف مستيقظ، توصل إلى استنتاجين. يشير الأول إلى أنه، إذا كان راغبًا في الوصول إلى معرفة الحقيقة، فعليه أنْ يفعل ذلك بنفسه. فتعاليم أرسطو والمفكرين الآخرين لن توصله لها. وعليه أن يبدأ من جديد. ثانيًا، إن الطريقة الوحيدة للبدء من جديد كانت ببساطة من خلال التشكيك في كل شيء! في وقت لاحق من تلك الليلة، رأى ثلاثة أحلام فهمها على أنها تشجيع على هذه الفكرة. لم ينشر أي شيء حينها، وعلى أية حال، كانت مغامراته العسكرية قد بدأت للتو. ولكنه منذ ذلك اليوم (وتلك الليلة) الحاسمة بدأ أولى خطواته في طريق تفسيره للكون وكل ما يحتويه، وكذلك شرحه القواعد التي قد تساعد الآخرين في الحصول على المعرفة العلمية بكل ثقة.

إن التشكيك في كل شيء يعني عدم أخذ أي شيء على أنه أمر مسلم به، ومن ثم، شيئًا فشيئًا، وأنت تتبع حدسك ستقبل فقط الأشياء التي تكون متيقنًا منها. ولكن كيف يمكنه أنْ يتأكد من شيء ما؟ في المقام الأول، هناك شيء واحد فقط: إنه كان يخطط لهذا المشروع العلمي والفلسفي. وكان يفكر في كيفية الوصول إلى المعرفة الأكيدة، أي، ببساطة أكثر، كان يفكر. وكتب باللاتينية يقول أنا أفكر إذًا أنا موجود. وأنا موجود لأنني أفكر بهذه الأفكار.

كان هذا الإعلان البسيط نقطة انطلاق ديكارت، ربما نقول، إن كل شيء جيد وعلى ما يرام ولكن ماذا بعد؟ بالنسبة إلى ديكارت، فان لذلك نتيجة فورية وبعيدة المدى: أنا موجود لأنني أفكر، لكن يمكنني أنْ أتخيل أنني أستطيع التفكير دون أنْ يكون لدي جسم. ومع ذلك، إذا كنت أمتلك جسمًا ولم أستطع أنْ أفكر، فلن أعلم بذلك. لذلك، يجب أنْ يكون جسمي والجزء المسؤول عن التفكير فيه (وهو عقلي أو روحي) منفصلين ومستقلين عن بعضهما. شكل هذا أساس مذهب الثنائية، وهي الفكرة التي تشير إلى أن الكون يتكون من نوعين مختلفين تمامًا من الأشياء: المادة (على سبيل المثال، الأجسام البشرية، وتشمل أيضًا الكراسي والحجارة والكواكب والقطط والكلاب) والذهن أو الروح (مثل العقل أوالروح البشرية). وهكذا أصر ديكارت على أن عقولنا - وكيف نعرف إننا موجودون - تشغل مكانًا مميزًا جدًا في الكون.

وهكذا، فإن الناس لم يدركوا قبل ديكارت بل بعده بفترة طويلة أن البشر هم نوع خاص من الحيوانات. فنحن لدينا القدرة على القيام بأشياء لا يستطيع القيام بها أي حيوان آخر: مثل القراءة والكتابة، أو فهم تعقيدات العالم، أو بناء الطائرات النفاثة والقنابل الذرية. لم تكن خصوصية عقولنا وأجسامنا هي الشيء غير الاعتيادي في عملية الفصل بينهما التي قام بها ديكارت. كانت الخطوة المذهلة هي ما فعله مع بقية العالم، وهو الجزء المادي. حين قال إن العقل والمادة هما اللذان يكونان العالم،

وإن المادة هي موضوع العلم. وهذا يعني إنه يمكن فهم طريقة عمل الأجزاء المادية، والتي لا تفكر، باستخدام مصطلحات فيزيائية بسيطة. وهذا يعني إن جميع النباتات وكل الحيوانات الأخرى، التي لا تملك أي منها روحًا، يمكن أيضًا أنْ تختزل تمامًا إلى مادة تقوم بما يجب عليها فعله. وبذلك فان الأشجار والزهور، والأسماك والفيلة ليست سوى آلات معقدة نوعًا ما ووفقا لديكارت، فهي أشياء يمكن فهمها بشكل كامل.

كان ديكارت مطلعًا على ما يعرف Automata أي التشغيل الذاتي، وهي الأجهزة الميكانيكية النابضة بالحياة المصممة خصيصًا للتحرك والقيام بأشياء معينة. والتي أصبحنا نسميها الروبوتات. على سبيل المثال، الكثير من ساعات المدن في القرن السابع عشر لم تكن تملك إلّا القليل من الأجزاء الميكانيكية، وغالبًا ما كان رجل يخرج على مدار الساعة ليدق الناقوس. وكانت تمثل أحدث الصرعات في زمن ديكارت (وبعضها ما زال يعمل حتى الآن). كان الناس قد تساءلوا بالفعل عما إذا كان البشر قادرين على صنع مثل هذه الأشكال الدقيقة، القادرة على الحركة ومحاكاة البشر أو الحيوانات، فربما يستطيع ميكانيكي ماهر أنْ يخطو خطوة أبعد ويصنع كلبًا يستطيع أنْ يأكل وينبح، ويتحرك كذلك. لم يكن ديكارت راغبًا في صنع هذه الألعاب، ولكنه، كان يتصور النباتات والحيوانات في عقله مجرد آلات أوتوماتيكية معقدة للغاية، بدون مشاعر حقيقية أو قدرة على الاستجابة لما كان يحدث من حولها. كانت هذه

الآلات عبارة عن مادة، ويمكن أنْ يفهمها العلماء من خلال مبادئ الميكانيك والكيمياء. قرأ ديكارت ما كتبه وليام هارفي حول الأنشطة (الميكانيكية) التي يقوم بها القلب وتلك التي تحدث أثناء دوران الدم، واعتقد إن هذا يقدم دليلاً على نظامه. (لقد تمّ نسيان تفسيره الخاص لما يحدث عندما يصل الدم إلى القلب، ولماذا ينتشر) كان لدى ديكارت آمال كبيرة في أن مثل هذه الأفكار يمكن أنْ تفسر الكثير من أسباب الصحة والمرض، وفي النهاية تقدم للبشر المعرفة حول كيفية العيش، إن لم يكن إلى الأبد، فعلى الأقل لفترة طويلة جدًا.

وبعد أنْ عبّر ديكارت عن فكرته بالقول إن الكون يتكون من نوعين منفصلين من الأشياء هما المادة والعقل، احتار ديكارت في مسألة كيف تمّ ربط العقل البشري مع جسمه بالفعل. سأل نفسه كيف يمكن أنْ يكونا متصلين، إذا كانت المادة لها كتلة وتحتل حيزًا في الفراغ، أما العقل فهو عكس ذلك، يوجد في أي مكان وبدون أي أساس مادي على الإطلاق. لقد كان شائعًا منذ عصر أبقراط أنْ يتم ربط قوى تفكيرنا بالدماغ. ويمكن لضربة على الرأس أنْ تجعل الإنسان يفقد وعيه، وقد لاحظ العديد من رجال الطب إن إصابات الدماغ والأمراض التي يتعرض إليها تؤدي إلى تغييرات في وظائفنا العقلية. في مرحلة ما، بدا أن ديكارت يعتقد أن النفس البشرية تقع في غدة، في وسط أدمغتنا، لكنه كان يعلم إنه وفقًا لمنطق النظام الذي ابتكره، فإن المادة والعقل لا يمكن أبدًا أنْ يتفاعلا جسديًا. أطلق الناس في وقت لاحق على

هذا النموذج من البشر (الاشباح الآلية)، مما يعني أن أجسامنا الشبيهة بالآلات كانت مسيرة بطريقة ما بعقل أو روح تشبه الشبح. وظهرت حينها مشكلة تفسير حالة الأعداد الكبيرة للكلاب والشمبانزي والخيول والحيوانات الأخرى التي تشترك معنا في الكثير من قدراتنا العقلية دون وجود (أشباح) خاصة بها. يمكن أنْ تظهر الكلاب والقطط الخوف أو الغضب، ويبدو أن الكلاب على الأقل قادرة على التعبير عن الحب لأصحابها. (أما القطط فلها قانون خاص بها).

احتار عقل ديكارت الفضولي مع العديد من الأشياء الأخرى: وهذا ليس أمرًا مفاجئًا من شخص ألف كتابًا اسماه العالم كان ديكارت مقتنعًا بأفكار كوبرنيكوس حول العلاقة بين الأرض والشمس، ولكنه كان أكثر حذرًا من غاليليو فلم يعرض أفكاره حتى لا يزعج سلطة الكنيسة. كما كتب عن الحركة، وسقوط الأشياء، وغيرها من المشاكل التي جذبت انتباه غاليليو. لسوء الحظ، على الرغم من وجود بعض المتابعين لديكارت في زمنه، إلّا أن أفكاره حول كيفية عمل الكون لا يمكن أنْ تنافس أفكار العمالقة مثل غاليليو وإسحاق نيوتن، والقليلون يتذكرون اليوم أفكار ديكارت الفيزيائية.

إذا رسب شخص ذكي في درس الفيزياء، سواء أكنت تعرف ذلك أم لا، فعليه تتبع خطوات ديكارت في كل مرة يحل فيها مسائل في الجبر والهندسة. كان لدى ديكارت فكرة رائعة باستخدام الأحرف في مادة الجبر للتعبير عن القيم المعلومة A،

b, c (أ، ب، ج) للتعبير عن القيم المجهولة x, y, z واستخدام الأحرف (س، ص، ع) لذلك عندما يُطلب منك حل معادلة مثل. $x = a + b2$ فأنت تواصل تتبع خطوات ديكارت. وعند ما تقوم بوضع عدد ما على جدول الرسم البياني، باستخدام محور أفقي وعمودي، فإنك تستخدم أيضًا اختراعه. حل ديكارت بنفسه العديد من المشاكل الجبرية والهندسية في كتابه الذي تناول تلك الموضوعات والذي صدر إلى جانب كتابه حول العالم.

ومن خلال هذا الفصل الحاد بين الجسم والعقل، وبين العالم المادي والعقلي، شدد ديكارت على مدى أهمية العالم المادي للعلوم. فعلوم الفلك والفيزياء والكيمياء تتعامل مع المادة. وكذلك الحال بالنسبة للبيولوجيا، وإذا كانت فكرته عن الحيوان الآلي تبدو بعيدة المنال نوعًا ما، فإن علماء الأحياء والأطباء ما زالوا يحاولون فهم كيفية عمل النباتات والحيوانات من خلال أجزائها المادية الخاصة بها.

كان من المؤسف بالنسبة إلى ديكارت أن فكرته بأن الطب سرعان ما سيكشف للناس كيف يمكنهم أن يعيشوا الفترة أطول كانت سابقة لزمانها نوعًا ما. كان هو نفسه يتمتع بصحة جيدة إلى أن قبل دعوة للذهاب إلى السويد لإلقاء دروس على ملكة السويد تتناول فلسفته ومعرفته بالعالم. وعندما استيقظت الملكة مبكرًا أصرّت على أن يعطيها الدروس في وقت مبكر من الصباح. كان ديكارت يكره البرد. ولم يعش حتى شتاءه الأول في السويد. بعد إصابته بنوع من العدوى، توفي في شباط عام 1650، قبل

سبعة أسابيع من عيد ميلاده الرابع والخمسين. لقد كانت نهاية حزينة لشخص كان يعتقد إنه سيعيش ما لا يقل عن مئة عام.

كان لدى بيكون وديكارت مُثلًا سامية للعلوم. لقد اختلفا في أفكارهم حول كيفية تقدم العلم، لكنهما كانا متحمسين لفكرة أنْ يتقدم. كانت رؤية بيكون إلى العلم تشير إلى إنه مشروع يجب أنْ تشترك الدولة في تمويله. كان ديكارت ميالاً أكثر لعمل الأشياء بنفسه. وأراد كلاهما أنْ يتبنى أشخاص آخرون أفكارهم ويقومون بتطويرها. كان كلا الرجلين يعتقدان أيضًا إن العلم هو نشاط مميز، يتفوق على رتابة الحياة العادية. إنه يستحق أن يُميز بهذه الطريقة لأن العلم يضيف إلى مخزوننا من المعرفة وقدرتنا على فهم الطبيعة. هذا الفهم يمكن أنْ يحسن حياتنا ويصب في خدمة الصالح العام.

الفصل الخامس عشر



الكيمياء الحديثة

إذا كانت لديك مجموعة أدوات مختبرية كيميائية، فلا بد إنك تعرفت على ورقة عباد الشمس. يمكن أنْ تخبرك هذه الشرائح الصغيرة من الورق الخاص ما إذا كان المحلول حامضيًا أو قلويًا. إذا مزجت بعض الخل في الماء (مما يجعله حامضيًا) وغمست الورقة به سيتراجع لونها الأزرق، وسوف يتحول إلى اللون الأحمر. وإذا قمت بغمسها في محلول القاصر الذي يستخدم في تبييض الملابس (وهو عبارة عن مادة قلوية)، فستتحول الورقة الحمراء إلى اللون الأزرق.

في المرة القادمة التي تستخدم فيها قطعة من ورقة عباد الشمس، فكّر في روبرت بويل، لأنه أول من أبتكر هذا الاختبار قبل أكثر من 300 عام.

ولد بويل (1627 - 1691) في عائلة أرستقراطية كبيرة في أيرلندا. كان الابن الأصغر، ولم يكن عليه أنْ يقلق بشأن المال. وعلى عكس الكثير من الأثرياء، كان بويل سخيًا دائمًا بثروته، فقد تبرع بقسم كبير منها إلى الأعمال الخيرية. كما دفع تكاليف ترجمة الكتاب المقدس إلى إحدى لغات الهنود الحمر في أميركا. وقد لعب الدين والعلم دورًا متساويًا في حياته.

قضى بضع سنوات في مدرسة إيتون وهي من مدارس النخبة في إنكلترا، ثم سافر إلى أوروبا، حيث تتلمذ على يد مجموعة من المدرسين الخصوصيين.

عاد بويل إلى إنكلترا حيث كانت الحرب الأهلية مستعرة وقد وقف جزء من أسرته إلى جانب الملك تشارلز الأول، ووقف الجزء الآخر مع البرلمانيين، الذين سعوا للإطاحة بالملك وإقامة جمهورية. أقنعته أخته بالانضمام إلى البرلمانيين، ومن خلالها، التقى بمصلح اجتماعي وسياسي وعلمي متحمس اسمه صمويل هارتليب. اعتقد هارتليب على غرار فرانسيس بيكون، إن العلم لديه القدرة على تحسين حياة البشر، وأقنع الشاب بويل بأن دراسة الزراعة والطب يمكن أنْ تؤدي إلى مثل هذه التحسينات. بدأ بويل مع الطب وبحث في علاج العديد من الأمراض، ووسط انغماسه هذا اكتسب سحره بعلم الكيمياء الذي سيلازمه مدى الحياة.

يخشى بعض المتدينين من تعريض أنفسهم أو أبنائهم لأفكار جديدة لأنهم يعتقدون إن هذه الأفكار قد تقوض عقيدتهم.

لم يكن روبرت بويل واحدًا من هؤلاء الناس: كان معتقده الديني راسخًا إلى حد أنه قرأ كل ما يتعلق باهتماماته العلمية الواسعة. كان ديكارت وغاليليو من الشخصيات المثيرة للجدل في بواكير حياة بويل، لكنه درسهما بعناية – فقد قرأ كتاب غاليليو رسول النجوم في عام 1642 في فلورنسا، وهو نفس العام والمكان الذي توفي فيه غاليليو – واستخدم أفكارهما في عمله الخاص. كان بويل مهتمًا أيضًا بعلماء الذرة في العصور القديمة (راجع الفصل 3)، على الرغم من أنه لم يكن مقتنعًا تمامًا باعتقادهم أن الكون يتكون من (الذرات والفراغ). ومع ذلك، كان يعلم أن هناك بعض الوحدات الأساسية للمادة في الكون، والتي أطلق عليها (الجسيمات)، لكنه كان يستطيع أنْ يمارس عمله بدون أنْ يرتبط بالأفكار المنكرة لوجود الآلة (الإلحادية) للنظرية الذرية لقدماء الإغريق.

كان بويل كذلك غير راضٍ عن نظرية أرسطو حول العناصر الأربعة – الهواء، الأرض، النار والماء – وأظهر من خلال التجربة إنها غير صحيحة. فقام بحرق عصا من الخشب الطازج وأظهر أن الدخان المنبعث منها ليس هواء. كما لم يكن السائل الذي نضح من نهاية الخشب المحترق ماءً عاديًا. اختلف اللهب تبعًا لما تمّ حرقه، بحيث لم يكن نارًا خالصة، والرماد الذي خلفه لم يكن ترابًا. من خلال تحليل نتائج هذه التجارب البسيطة بعناية، قام بويل بما يكفي لإثبات أن بعض الأشياء المعروفة مثل الخشب لم تصنع من الهواء والأرض والنار والماء. وأشار أيضًا إلى أن

بعض المواد، مثل الذهب، لا يمكن أنْ تتفتت نهائيًا فعند تسخين الذهب فإنه، يذوب ويسيل لكنه لا يتغير مثل الخشب عندما يتم حرقه: وعندما يبرد الذهب، يعود إلى شكله الأصلي. أدرك بويل أن الأشياء التي تحيط بنا في حياتنا اليومية، مثل الطاولات والكراسي الخشبية، والفساتين والصنادل الصوفية، كانت مكونة من مجموعة متنوعة من المكونات، ولكن لم يكن من الممكن اختزالها إلى العناصر الأربعة التي قال بها اليونانيون، أو إلى ثلاثة عناصر كما كان يعتقد باراكليسوس. يعتقد البعض أن بويل جاء بالتعريف الحديث لمفهوم العنصر الكيميائي. لقد اقترب بالتأكيد منه عندما وصف العناصر بأنها (غير مصنوعة من أجسام أخرى، أومن بعضها البعض). لكنه لم يتوسع في المفهوم إلى أبعد من ذلك، ولم يستخدمه في تجاربه الكيميائية الخاصة.

وبدلًا من ذلك، فإن مفهوم بويل (للجسيم) كوحدة من المادة يناسب أهدافه التجريبية تمامًا. كان بويل باحثًا تجريبيًا لا يكل، حيث كان يمضي ساعات في مختبره الخاص إما بمفرده أو مع الأصدقاء، وقام بتدوين تجاربه بتفاصيل موسعة في كتبه. وهذا الاهتمام بالتفاصيل هو الذي جعل بويل يحتل مكانة خاصة جدًا في تاريخ العلم. أراد هو وأصدقاؤه أنْ يكون العلم منفتحًا وفي متناول الجميع، وأنْ يتمكن الآخرون من استخدام المعرفة التي اكتسبوها. لم يعد يكفي أنْ يدعي أنه اكتشف بعض أسرار الطبيعة الغامضة، كما فعل باراكليسوس. كان على العالم أنْ يكون

قادرًا على أنْ يُبرهن على صحة تلك الأسرار الغامضة للآخرين، إما شخصيًا أو من خلال الأوصاف المكتوبة.

كان هذا الإصرار على الانفتاح إحدى القواعد الإرشادية في الدوائر العلمية التي تنقل فيها بويل. كان أول هؤلاء مجموعة غير رسمية في أكسفورد، حيث عاش؛ في عقد الخمسينيات من القرن السابع عشر عندما انتقل معظم أفراد المجموعة إلى لندن، وانضموا مع آخرين لإنشاء ما أصبح، يعرف في عام 1662، بالجمعية الملكية في لندن، التي ما تزال واحدة من الجمعيات العلمية الرائدة في العالم. كانوا يعلمون إنهم كانوا يفعلون شيئًا دعا إليه فرانسيس بيكون منذ نصف قرن. كان بويل أحد أبرز نجوم هذا النادي المخصص لنشر المعرفة. ومنذ البداية، كان الزملاء – وهو الاسم الذي كان يُطلق على أعضاء الجمعية الملكية – حريصين على أنْ تكون المعرفة الجديدة التي اكتشفوها وقاموا بمناقشتها في اجتماعاتهم ذات فائدة ملموسة.

أحد المعاونين المفضلين لدى بويل كان روبرت، أصغر منه بسنوات قليلة هو روبرت هوك (1635 – 1702). كان هوك أكثر ذكاء من بويل، ولكن على عكس بويل، جاء من أسرة فقيرة كان عليه دائمًا أنْ يكسب طريقه في الحياة اعتمادًا على ذكائه. تمّ توظيف هوك من قبل الجمعية الملكية ليقوم بإجراء التجارب في كل اجتماع من اجتماعاتها. أصبح ماهرًا جدًا في الاختراع والتعامل مع جميع أنواع المعدات العلمية. ابتكر هوك العديد من التجارب. على سبيل المثال، لقياس سرعة الصوت، أو لفحص ما يحدث

عندما يتم نقل الدم من كلب إلى آخر. في بعض الحالات، بدا الكلب الذي نقلت له دماء جديدة أكثر نشاطًا، وتم تشجيع أعضاء الجمعية على تجربة ذلك مع البشر. فقاموا بنقل الدم من حيوان الحمل إلى إنسان، لكن التجربة لم تنجح؛ في باريس أيضًا، مات أحد الاشخاص بعد أن تمّ نقل الدم إليه، لذا تمّ التخلي عن هذه التجارب. كانت مهمة هوك في الاجتماعات الأسبوعية للجمعية الملكية هي إعداد تجربتين أو ثلاث تجارب أقل فتكًا للترفيه عن الزملاء وتحفيزهم.

كان هوك من أوائل (العلماء) savant تعني كلمة. savant حرفيًا (الشخص الذي يعرف)، وكان المصطلح يستخدم عادة لوصف ما نسميه الآن بالعلماء الذين يعرفون استخدام المجهر بشكل جيد لقد استخدم مجهره للكشف عن عالم جديد من الأشياء غير المرئية بالعين المجردة، وكشف تراكيب في النباتات والحيوانات وغيرها من الأشياء التي لا يمكن رؤيتها بدون استخدامه. لقد أحب الزملاء النظر عبر المجهر في اجتماعاتهم، بالإضافة إلى ماكان يعرضه هوك، كما تلقوا العديد من الاتصالات من مجهري مشهور آخر، وهو شخص هولندي يدعى أنتوني فان ليوينهويك (1632 - 1723). عمل ليوينهوك كتاجر قماش، ولكن في وقت فراغه قام بتصميم وصقل عدسات صغيرة جدًا يمكن أن تُكبّر الأشياء أكثر من 200 مرة.

كان عليه عمل عدسة جديدة لكل تجربة، وصنع المئات منها خلال حياته الطويلة. كان يضع كل عدسة في حامل معدني

ويضع خلفه الشيء الصغير الذي يريد أنْ يدرسه. وجد كائنات دقيقة في مياه البرك، وشاهد البكتيريا في نتف متساقطة من أسنانه والعديد من الأشياء الرائعة الأخرى. اعتقد هوك أيضًا إن مجهره يمكن أنْ يجعل المراقب أقرب إلى الطبيعة، وقد تسببت الرسومات التوضيحية التي تضمنها كتابه ميكروغرافيا، Micrographia الذي صدر في عام 1665 (وهو نفس العام الذي ضرب فيه مرض الطاعون مدينة لندن)، في إحداث ضجة كبيرة. كثير من هذه الرسوم التوضيحية تبدو غريبة بالنسبة لنا، لأنها تظهر حشرات كبيرة جدًا، وضخمة، مثل الذباب أو القمل، وهذه الصور أصبحت مشهورة جدًا. لكنه ملأ كتابه أيضًا بالملاحظات والفرضيات حول هياكل ووظائف أشياء أخرى يمكن أنْ ترى من خلال مجهره. أظهر في إحدى الصور قطعة رقيقة من الفلين، أخذها من شجرة الفلين – وهي المادة المستخدمة لإغلاق زجاجات النبيذ. وأطلق على التراكيب الصغيرة المربعة الشكل التي رآها هناك اسم (خلايا). وهي في الواقع لا تشبه ما نسميه الآن بالخلايا، لكن الاسم ظل عالقًا في الأذهان.

كان لدى كل من بويل وهوك جهاز ميكانيكي مفضل: وهو نسختهما من مضخة الهواء. كانت مضخة الهواء تلك تعمل بنفس الطريقة التي تعمل بها المضخات التي نستخدمها لنفخ الهواء في إطارات الدراجات أو كرات القدم. كان لها تجويف مركزي كبير، مع تركيب ضيق يمكن فتحه في الأعلى، وفتحة أخرى في القاع، حيث كان هناك صمام يمكن من خلاله سحب

الغازات أو تركها. قد لا يبدو الأمر مثيرًا للغاية، لكنه ساعد في حل أحد الألغاز الرئيسة في العلم في تلك الفترة: هل كان من الممكن الحصول على فراغ، أي حيز فارغ تمامًا، لا يحتوي حتى على هواء. كان ديكارت قد أصرّ من قبل على أن وجود الفراغات هو أمر مستحيل (الطبيعة تمقت الفراغ) كانت هذه العبارة الشائعة التي تعبر عن هذه الفكرة. ولكن، وكما جادل بويل، إذا كانت المادة تتكون في نهاية المطاف من جسيمات منفصلة، بأشكال مختلفة، فيجب أنْ يكون هناك فراغ بينها. وكان بويل يقول إنه إذا تمّ تسخين شيء مثل الماء، بحيث يتبخر ويتحول إلى غاز، فستظل نفس الجسيمات موجودة فيه، لكن الغاز يحتل مساحة أكبر من المساحة التي يحتلها السائل. وبعد الكثير من التجارب لتسخين السوائل وتحويلها إلى غازات، رأى أن جميع الغازات تصرفت إلى حد كبير بذات الطريقة التي تصرفت بها في مضخة الهواء. توصل بويل وهوك إلى استنتاج ما يزال يعرف حتى يومنا هذا باسم قانون بويل. والذي ينص على أنه عند درجة حرارة ثابتة، يتناسب الحجم الذي يشغله أي غاز مع الضغط المسلط عليه. أي أن حجمه يتأثر مباشرة بالضغط من حوله. لذا، إذا قمت بزيادة الضغط عن طريق تقليل المساحة التي يحتلها، فإن الغاز ينكبس في المساحة المتاحة. (إذا قمت بزيادة درجة الحرارة، فإن الغاز يتوسع، ويتولد ضغط جديد، ولكنه نفس المبدأ الأساس)، سوف يساعد قانون بويل مستقبلاً

في تطوير المحرك البخاري، لذلك عليك تذكّره عندما نصل إلى الحديث عنه.

استخدم بويل وهوك مضخة الهواء لفحص خصائص العديد من الغازات، بما في ذلك (الهواء) الذي نتنفسه. كان الهواء كما نتذكر هو أحد العناصر الأربعة التي تحدث عنها الأقدمين، لكن أصبح من الواضح للعديد من الناس في القرن السابع عشر أن الهواء الذي يحيط بنا ويُبقينا على قيد الحياة ليس مادة بسيطة. كان من الواضح إنه يشترك في عملية التنفس، لأننا نسحب الهواء إلى رئتينا عندما نأخذ نفسًا. ولكن ما هي الأشياء الأخرى التي يفعلها؟ كان بويل وهوك - الاثنان معًا أو بشكل فردي - مهتمين للغاية بما يحدث عندما تحترق قطعة من الخشب أو الفحم. كما تسائلا عن السبب في أن لون الدم يكون أحمر داكن قبل أنْ يدخل إلى الرئتين ويتحول إلى اللون الأحمر القاني عندما يخرج منها. ربط هوك هاتين المسألتين معًا وافترض أن ما يحدث في الرئتين هو نوع خاص من الاحتراق، حيث أن (الهواء) هو المادة التي تربط ما بين كل من التنفس والحرق. على فان هوك لم يتوسع إلى حد كبير في الموضوع، ولكن المشاكل المحيطة بكل من تكوين وطبيعة (الهواء)، وكذلك ما يحدث أثناء عملية الشهيق (التنفس) والاحتراق، استمرت في إثارة اهتمام العلماء لأكثر من قرن بعد بويل وهوك، حيث كان الناس يكررون ويطورون تجاربهم.

لم يترك روبرت هوك مجالاً من مجالات العلوم من دون أنْ يفكر فيه فقد اخترع ساعة تعمل بواسطة مجموعة من النوابض (وكان ذلك تحسن كبير في الحفاظ على الوقت)، وتساءل عن أصل الأُحفوريات، وبحث في طبيعة الضوء. كما كانت لديه أشياء رائعة ليقولها عن مشكلة واجهناها من قبل، وسننظر فيها بمزيد من التفصيل في الفصل التالي: وهي فيزياء الحركة والقوة. كان (هوك) يبحث في هذه المواضيع في نفس الوقت الذي كان يبحثها إسحاق نيوتن. وكما سنرى، فإن نيوتن نفسه هو أحد الأسباب التي جعلت الجميع يسمع عن السير إسحق، لكن القليل من الناس يعرفون من هو السيد هوك.

الفصل السادس عشر



نيوتن لماذا تسقط الأشياء؟

ينتابني الشك فيما إذا كنت قد قابلت أي شخص ذكيًا مثل إسحاق نيوتن - بالنسبة لي فأنا لم أقابل شخص أذكى منه. ربما تكون قد قابلت أشخاصًا غير محبوبين مثله. كان يكره معظم الناس، وتنتابه نوبات غضب، ويعتقد إن الجميع تقريبًا يريدون إيذاءه. كان كتومًا، ومغرورًا، وينسى أنْ يأكل وجباته. كان لديه الكثير من الصفات المزعجة لكنه كان ذكيًا، وهذا الذكاء الذي كان يتمتع به هو ما يجعلنا نتذكره اليوم، حتى لو كان من الصعب فهم ما كان يفكر به وما كتبه.

ربما كان إسحاق نيوتن (1642 - 1727) سيئ الطبع بغض النظر عما حدث له، ولكن طفولته كانت فظيعة جدًا. توفي والده قبل ولادته، وكانت والدته، التي لم تكن تتوقع

له أنْ يعيش، قد تركته مع والديها بعد أنْ تزوجت مرة أخرى وأصبح لديها عائلة أخرى. كان يكره زوج أمه، وكان يكره جده ولم يكن مولعًا جدًا بوالدته أو جدته. في الواقع، فإنه منذ سن مبكرة، بدأ لا يحب الناس. فضل أنْ يكون وحده، حين كان طفلاً وحين أصبح رجلاً كبيرًا في السن.

كان من الواضح، مع ذلك، إنه كان فطنًا جدًا، وأرسل إلى مدرسة القواعد في غرانثام، بالقرب من المكان الذي عاش فيه، في لينكولنشاير. تعلم اللغة اللاتينية بشكل جيد (كان باستطاعته الكتابة باللغة الإنكليزية واللاتينية بنفس السهولة)، لكنه قضى معظم وقته في المدرسة في صنع نماذج الساعات والآلات الميكانيكية الأخرى وتركيب الساعات الشمسية.

وتماشيًا مع رغبته أيضًا التحق بكلية ترينيتي في كامبريدج عام 1661. كان من المفترض أنْ يدرس أعمال الأساتذة القدماء مثل أرسطو وأفلاطون. لكنه لم يقرأها إلّا قليلاً (كان يكتب الملاحظات بغزارة وبشكل دقيق، لذا فنحن نعرف ماذا كان يقرأ)، لكن قراءاته المفضلة كانت للكتاب المعاصرين أمثال: ديكارت، وبويل وغيرهم من دعاة العلم الجديد. كانت القراءة أمرًا جيدًا، لكنه أراد أنْ يكتشف الأشياء بنفسه. ومن أجل القيام بذلك، ابتكر العديد من التجارب الجديدة، لكن عظمة عبقريته تجلت في الرياضيات وكيف يمكن استخدامها لفهم المزيد عن الكون.

وضع نيوتن العديد من أفكاره خلال عامين كان نتاجه فيهما غزيرًا بشكل لا يصدق. لم يقم أي عالم باستثناء آينشتاين (الفصل 32) بهذا القدر الغزير من العمل في وقت قصير. كان عاما نيوتن الأكثر إبهارًا هما 1665 و1666. وقد قضى جزءًا منهما في منزل والدته في وولستهورب، في لينكولنشاير، لأن وباء الطاعون الذي كان يجتاح إنكلترا دفع جامعة كامبريدج إلى إغلاق أبوابها وإرسال الطلاب إلى منازلهم. وكان ذلك هو الوقت الذي رأى فيه نيوتن التفاح الناضج يسقط من الأشجار في حديقة والدته. لم يكن الأمر على الأرجح دراماتيكًا مثلما صورته الحكايات المتداولة، لكنه جعله يفكر بمشكلة ما زالت بحاجة إلى شرح: لماذا تسقط الأشياء على الأرض.

كان مشغولاً بالكثير من الأمور العلمية خلال هذه الفترة. خذ الرياضيات، على سبيل المثال. قام غاليليو وديكارت والعديد من الفلاسفة الطبيعيين الآخرين (أي العلماء) بخطوات واسعة في تطوير الرياضيات كموضوع، والأهم من ذلك، في استخدامها لفهم نتائج ملاحظاتهم وتجاربهم. كان نيوتن عالم رياضيات ليس له مثيل، وكان رائعًا في استخدامها في علمه. وفي وصف أشياء مثل الحركة والجاذبية حسابيًا، فلم يكتفِ بالجبر والهندسة. عند البحث في انطلاق رصاصة من بندقية، أو سقوط تفاحة من شجرة، أو كوكب يدور حول الشمس يجب أنْ تكون قادرًا على النظر إلى وحدات صغيرة جدًا من الوقت والحركة: كمية ضئيلة للغاية في الواقع.

ويجب أن تركّز على المسافة التي تقطعها في أقل زمن ممكن. كان العديد من الفلاسفة الطبيعيين قبل نيوتن قد بحثوا في هذه المشكلة وفكروا في حلول مختلفة. لكن نيوتن، الذي ما يزال في العشرينيات من عمره، طوّر أدواته الرياضياتية الخاصة للقيام بهذه المهمة. وجاء بطريقة جديدة اسماها (الدفق) الذي يعود أصله إلى كلمة تدفق والذي يعني تغيرًا مستمرًا في شيء معين. وقد أدّت طريقة نيوتن هذه إلى نشوء نوع من الحسابات التي ما زلنا نستخدمها في أحد فروع علم الرياضيات الذي يسمى الآن بحساب التفاضل والتكامل. بحلول تشرين الأول من عام 1666، وعندما أنتهى من مقالة كتبها لمجرد إرضاء رغباته، أصبح عالم الرياضيات الأول في أوروبا، ولكن لم يكن أحد غير نيوتن يعرف ذلك. فهو لم ينشر اكتشافاته الرياضياتية على الفور. بدلاً من ذلك، كان يستخدمها في دراساته، وأخيرًا في نهاية المطاف فقط سمح لمعارفه في أنْ يشاركوه أساليبه والنتائج التي توصل إليها.

وإلى جانب دراسته الرياضيات، بدأ نيوتن بدراسة الضوء. كان يعتقد منذ العصور القديمة، أن ضوء الشمس أبيض ونقي ومتجانس (بمعنى إنه يتكون من نفس المادة). وكان يُعتقد أن الألوان ناتجة عن تعديلات في هذا الشعاع النقي الصافي. درس نيوتن أعمال ديكارت المتعلقة بالضوء وكرّر بعض تجاربه. استخدم العدسات أولاً ثم استخدم جسمًا زجاجيًا، يسمى الموشور، والذي بإمكانه أنْ يكسر الضوء. وقد قام كما هو

معروف بتمرير حزمة صغيرة من الضوء في غرفه مظلمة، من خلال الموشور ومن ثم جعلها تنعكس على جدار يبعد مسافة 22 قدمًا (حوالي سبعة أمتار). فإذا كان الضوء متجانسًا، كما ظن ديكارت وكثيرون آخرون، فيجب أن يظهر الضوء على الجدار على شكل دائرة بيضاء، وهو نفس شكل الثقب الذي يمر من خلاله الضوء. ولكن بدلاً من ذلك، ظهر الضوء على هيئة شريط متعدد الألوان. لم يقم نيوتن بتكوين قوس قزح تمامًا، لكنه كان في طريقه لشرح كيفية تشكيله. خلال سنوات الطاعون هذه، تقدم نيوتن خطوات مهمة إلى الأمام في عمله على الميكانيكا: أي القوانين التي تتحكم بالأشياء أثناء الحركة. لقد رأينا كيف طوّر غاليليو وكيبلر وديكارت وآخرون أفكارًا لشرح (والتعبير عن ذلك بمعادلات رياضياتية) ماذا يحدث عند إطلاق قذيفة مدفع، أو دوران الأرض حول الشمس. كان روبرت هوك مهتمًا أيضًا بهذا الأمر. قرأ نيوتن كتابات هؤلاء الرجال، لكنه ذهب أبعد من ذلك. كتب ذات مرة إلى هوك، إذا كنت قد رأيت أكثر من الآخرين فذلك لأني كنت محمولاً على أكتاف علماء عمالقة. هل تتذكر عندما كان أبوك يحملك على كتفيه؟ تُظهر كل أنواع الأشياء التي لا يمكن أنْ تراها بنفسك فجأة بضعفين أو ثلاثة أضعاف حجمها وهذا ما حصل عليه نيوتن. تصف هذه الصورة الرائعة التي رسمها نيوتن كيف يمكن لكل عالم، وكل جيل من العلماء، أنْ يستفيد من أفكار أولئك الذين جاءوا قبله. وهذا هو جوهر العلم.

لكن نيوتن كان هو نفسه عملاقًا، وكان يعرف ذلك. ولدت المشاكل عندما شعر نيوتن بأن الآخرين لا يعترفوا بذلك. بدأت مشاكل نيوتن مع روبرت هوك عندما قدم نيوتن أول مقالة له إلى الجمعية الملكية. قامت الجمعية بما لا زالت تفعله المجلات العلمية الرصينة حتى يومنا هذا: أرسلت المقالة إلى خبير آخر للتعليق عليها. نحن نطلق على هذا الأمر (مراجعة النظراء)، وهذه العملية جزء من الشفافية التي يفخر العلماء أنفسهم بها. اختارت الجمعية الملكية (هوك) لقراءة المقالة كونه قام هو الآخر بعدة أبحاث في مجال الضوء. لم يُعجب نيوتن بملاحظات هوك على الإطلاق، بل أراد أنْ يستقيل كزميل في الجمعية الملكية. تجاهلت الجمعية بكل هدوء خطاب استقالته.

بعد الاندفاع المذهل في طاقته الإبداعية في الستينيات من القرن السابع عشر، حوّل نيوتن اهتمامه إلى مسائل أخرى، كان من بينها الكيمياء واللاهوت. وكما هو حاله دائمًا، فقد احتفظ بملاحظات دقيقة حول قراءاته وتجاربه، والتي لا يزال يقرأها الأشخاص الذين يريدون فهم هذا الجانب من تفكير نيوتن. في ذلك الوقت، حافظ على هذه الأفكار والتجارب بشكل هادئ إلى حد ما، وخاصة وجهات نظره الدينية، والتي كانت تختلف عن مفاهيم الكنيسة في إنكلترا. كانت جامعة كامبريدج تطالب طلبتها بالموافقة على معتقدات الكنيسة. ولحسن حظ نيوتن والعلم، كان لديه مؤيدون أقوياء في الجامعة، لذا كان قادرًا على أنْ يصبح زميلًا في كلية ترينتي، وانتخب لاحقًا أستاذً لوكاسي

للرياضيات (الأستاذ اللوكاسي هو لقب أستاذية الرياضيات في جامعة كامبريدج بإنكلترا)، دون أنْ يضطر إلى الإعتراف بأنه يؤمن بكل عقائد الكنيسة، وظل يشغل هذا المنصب لأكثر من عشرين عامًا. ولكن لسوء الحظ، كان معلمًا فظيعًا، ولم يتمكن طلابه من فهم ما كان يتحدث عنه. وفي بعض الأحيان عندما كان يدخل، إلى قاعة المحاضرات، كان لا يجد أحدًا من الطلبة. كان يتحدث دائمًا عن مواضيع محترمة مثل الضوء والحركة، وليس الخيمياء واللاهوتية التي كان يتابعها سرًا - ربما كان ذلك مثيرًا أكثر لطلابه لو تحدث عنه!

بحلول منتصف ثمانينيات القرن السابع عشر، أصبحت بحوث نيوتن في الرياضيات والفيزياء وعلم الفلك معروفة على نطاق واسع. كان قد كتب العديد من المقالات ونشر عددًا قليلاً منها، لكنه كثيرًا ما لاحظ أن أعماله العلمية كانت له فقط، أو لأولئك الذين سيأتون بعد وفاته. في عام 1684، قام عالم الفلك إدموند هالي بزيارة نيوتن في كامبريدج. (انتبه إلى مذنب هالي، على اسم العالم إدموند هالي، فالمتوقع إنه يمكن رؤيته من الأرض في عام 2061). كان هالي وهوك قد ناقشا شكل المسار الذي يسلكه أحد الأجسام حين يدور حول جسم آخر (مثل دوران الأرض حول الشمس، أو القمر حول الأرض). وتساءلا عما إذا كانت الجاذبية ستؤثر على مسار الكائن، وفقًا لما نسميه الآن (قانون التربيع العكسي). الجاذبية ليست سوى مثالاً واحدًا من عدة أمثلة لهذا القانون. ويعني ذلك أن قوة

الجاذبية بين جسمين تقل بمقدار مربع المسافة بينهما، وبالطبع تزداد بنفس النسبة كلما اقتربت من بعضها. وسيكون الجذب بينهما متبادلاً، لكن كتلة الجسمين مهمة أيضًا. إذا كان أحد الأجسام - ولنقل، الأرض - كبيرًا جدًا، والآخر - وليكن على سبيل المثال، تفاحة - صغيرًا جدًا، فان الأرض هي التي ستقوم على الأغلب بكل عملية الجذب. يشرح الفصل 12 كيف استخدم غاليليو مفهوم (التربيع) أثناء تجاربه على الأجسام الساقطة. وسوف نرى في الفصول اللاحقة، كيف يبدو أن الطبيعة تحب أنْ تحدث الأشياء كدالة تربيعية لشيء معين، سواء كان ذلك وقتًا أو تسارعًا أو جذبًا. عندما تتعامل مع الدوال والأشياء التربيعية (3 × 3 = 9، أو 32 على سبيل المثال)، تذكر أن الطبيعة ربما تكون مبتسمة.

زيارة هالي إلى نيوتن جعلت الأخير يضع جانبًا علمي اللاهوت والكيمياء. لقد بدأ العمل في تأليف أعظم كتاب له، والذي يعد أحد أهم الكتب في تاريخ العلم، حتى وإنْ كانت قراءته غير سهلة يعرف هذا الكتاب اليوم باسم المبادئ لكن عنوانه باللاتينية (كتبه نيوتن باللاتينية) هو: Philosophiae naturalis principia mathematica (المبادئ الرياضياتية للفلسفة الطبيعية): تذكّر إن (الفلسفة الطبيعية) هي الاسم القديم للعلوم. قدم كتاب نيوتن التفاصيل الكاملة لكيف يمكن تطبيق مبادئه في الرياضيات الجديدة، وشرح العديد من جوانب الطبيعة المادية بالأرقام بدلاً من التوصيفات المُطنِبة

بالكلام. لم يتمكن سوى عدد قليل من الناس من فهم كتابه بسهولة خلال حياته، ولكن رسالته كانت موضع تقدير على نطاق أوسع. كانت طريقة جديدة لرؤية ووصف الكون.

عبّر نيوتن عن العديد من جوانب رؤيته للعالم والسماء في قوانين الحركة الثلاثة الشهيرة التي ذكرها في كتابه (المبادئ). ينص قانونه الأول على أن كل جسم إما أنْ يبقى في حالة سكون أو يتحرك بشكل ثابت في خط مستقيم ما لم يكن هناك شيء آخر - بعض القوة - يؤثر عليه. فالصخرة الموجودة على سفح الجبل ستظل هناك إلى الأبد ما لم يتسبب شيء - مثل الرياح والأمطار والإنسان - في تحريكها وإذا لم يوجد هناك أي تأثير عليها (أي احتكاك)، فإنها ستتحرك في خط مستقيم إلى الأبد.

ينص قانونه الثاني على أنه إذا كان هناك شيء ما يتحرك بالفعل، يمكن للقوة المؤثرة عليه تغيير سرعته أو اتجاهه. ويعتمد مدى التغيير الكبير على مقدار القوة المؤثرة، ويحدث التغير في الاتجاه على شكل خط مستقيم، في اتجاه القوة الجديدة. لذا، إذا دفعت بالونا بقوة من الجانب وهو يسقط، فسوف ينحرف جانبًا؛ أما إذا قمت بدفعه من الأعلى، سوف يسقط بسرعة أكبر.

انتهى قانونه الثالث في الحركة إلى أنه لأي فعل، هناك دائمًا رد فعل مساوٍ له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه. وهذا يعني أن كل جسمين يعملان دائمًا أحدهما ضد الآخر بالتساوي ولكن في اتجاهين متعاكسين. يمكنك أنْ تدفع البالون، وسوف يبتعد عن يدك، ولكنه سيقوم أيضًا بدفعةٍ صغيرةٍ على يدك (ستشعر

بها). إذا دفعت صخرة كبيرة، فإن الصخرة لن تتحرك، ولكن قد ترتد يدك إلى الخلف، وقد تصاب بتقرح. هذا لأنه من الصعب على الأشياء خفيفة الوزن أنْ تؤثر على الأشياء الثقيلة والعكس صحيح. (رأينا أن الأمر نفسه يحدث مع الجاذبية).

جمعت هذه القوانين الثلاثة ألغاز الفلاسفة الطبيعيين الأوائل. وبفضل نيوتن، تمّ شرح العديد من الملاحظات، من حركات الكواكب إلى مسار السهم الذي ينطلق من القوس. جعلت قوانين الحركة من الممكن رؤية الكون كله كآلة عملاقة، مثل الساعة التي تحفظ الوقت من خلال حركتها وما تحتويه من نوابض وعتلات وتمّ الاعتراف بكتابه (المبادئ) كعمل من شخص ذي عبقرية وسطوة هائلة. حوّل هذا الرجل المضطرب المنعزل إلى واحد من المشاهير. كانت مكافأته حصوله على وظيفة براتب مرتفع وأصبح مدير دار سك العملة الملكية، وهو المكان الذي كانت تصنع فيه الحكومة وتسك عملاتها المعدنية وينظم إمداد البلد بالمال. بذل نيوتن كل ما يملك من جهد في هذا المنصب الجديد بحماس شديد، وتتبع أثر المزيفين وقام بالإشراف على عرض النقود في البلاد. كان عليه أنْ ينتقل إلى لندن، لذلك استقال من جميع مسؤولياته في كامبردج وقضى آخر ثلاثين عامًا من حياته في العاصمة، ليصبح رئيس الجمعية الملكية.

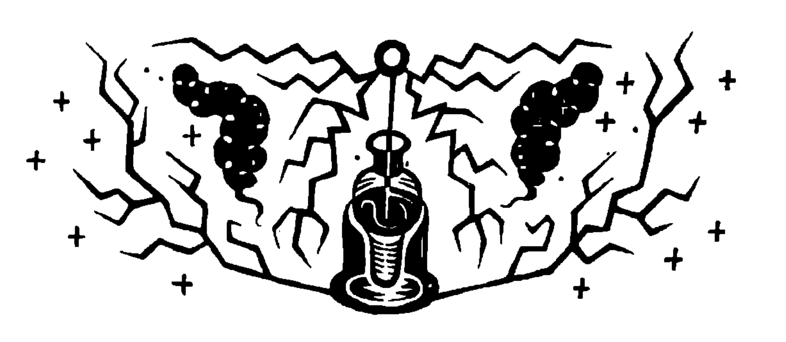
خلال السنوات التي عاشها في لندن، أدخل تعديلات واسعة على كتابه المبادئ، بما في ذلك بعض أعماله اللاحقة، بالإضافة إلى الرد على الانتقادات المختلفة التي وجهت إليه منذ

صدوره. وغالبًا ما كان العلماء يفعلون ذلك. بعد فترة ليست طويلة من وفاة روبرت هوك، نشر نيوتن عمله العلمي الرئيسي الثاني، البصريات (1704)، الذي يتحدث عن الضوء. كان نيوتن وهوك يتشاجران كثيرًا حول أيهما فعلاً كان هو السباق في الكشف عن ماهية الضوء وكيف يسلك وكيف يمكن فهم نتائج تجاربهما عن هذا الموضوع. عمل نيوتن على الكثير من مواضيع هذا الكتاب قبل ما يقرب من أربعين عامًا من صدوره، لكنه كان مترددًا في نشره عندما كان هوك ما يزال على قيد الحياة، كان كتابه البصريات مهمًا جدًا مثل كتابه المبادئ وسنتعرف على بعض استنتاجاته في الفصول اللاحقة، عندما كان علماء آخرون يقفون على أكتاف نيوتن.

كان نيوتن أول عالم يحصل على لقب سير، وأصبح يدعى بالسير إسحاق. ورغم استمتاعه بالسلطة لكنه لم يكن سعيدًا كثيرًا. لم يكن ذلك الرجل الذي يمكن أنْ نطلق عليه وصف رجل لطيف، لكنه كان عظيمًا، وهو أحد أكثر العلماء المبدعين حقًا الذين عاشوا على الإطلاق، واشتهر بتلك الإسهامات الرائعة التي قدمها لفهمنا للكون. كان كتابه المبادئ هو قمة ما أنجزه علم الفلك والفيزياء الذي كان قد تابع البحث به بنشاط كلاً من كبلر، وغاليليو، وديكارت وغيرهم الكثير. جمع نيوتن في كتابه، السماوات والأرض معًا في نظام واحد، من أجل تطبيق قوانينه في جميع أنحاء الكون. وقدم تفسيرات رياضياتية وفيزيائية للطريقة التي تتحرك بها الكواكب والطريقة

التي تسقط بها الأجسام على الأرض. وبنى أسس الفيزياء التي استخدمها العلماء حتى القرن العشرين، عندما أظهر آينشتاين وعلماء آخرون أنه كان هناك ما هو في الكون أكثر حتى مما تصوّر السير إسحاق.

الفصل السابع عشر



شرارات مضيئة

هل سبق لك أنْ تساءلت ما الذي يمثله وميض البرق بالضبط، ولماذا يتبعه صوت الرعد؟ تحدث عروض عنيفة من الرعد والبرق في أعالي السماء، وهي مثيرة للغاية، حتى لو كنت تعرف ما الذي يسببها. وبينما كانت صواعق البرق تدك الأرض، كان العلماء قد بدأوا منذ أوائل القرن الثامن عشر محاولاتهم فك لغز هذا الأمر ولغز الكهرباء التي باتت مؤثرة للغاية كان هناك لغز آخر يدور حول ما أصبح يعرف بالمغناطيسية. عرف اليونانيون القدماء إنه عندما نقوم بحك حجر الكهرمان (وهو حجر شبه مصفر) بشدة، فإنه يجذب الأشياء الصغيرة المجاورة إليه. كان من الصعب فهم سبب هذه القوة. بدا الأمر مختلفًا عن القوة الثابتة لنوع مختلف من الحجر – حجر المغناطيس – الذي

يجذب الأشياء التي تحتوي على الحديد. وكما أن النجم القطبي هو النجم الذي ينير الطريق (لا سيّما نجم الشمال)، فإن حجر المغناطيس كان أيضًا يوجه المسافرين: فقد كانت هناك قطعة من معدن خاص، إذا تمّ تعليقها بحيث يمكنها التأرجح بحرية، فإنها تشير دائمًا إلى الأقطاب المغناطيسية. ويمكن أيضًا أن يستخدم حجر المغناطيس كإبرة مغنطيسية، وبحلول عصر كوبرنيكوس، في منتصف القرن السادس عشر، كان البحارة يستخدمون البوصلات البسيطة لتساعدهم في إيجاد اتجاههم، حيث أن إحدى إبر البوصلة القابلة للحركة تشير دائمًا إلى الشمال. كتب طبيب إنكليزي يدعى ويليام جيلبرت عن هذا في عام 1600، عندما بدأ استعمال كلمة (المغناطيسية). كان يمكن لكل من الكهرباء والمغناطيسية أنْ يقدما أشياء مسلية وكانا مواضيع شائعة في المحاضرات العلمية وفي ألعاب ما بعد العشاء أيضًا.

بعد فترة وجيزة، حصل الناس على تأثيرات أقوى من خلال تدوير كرة أرضية زجاجية على نقطة وفركها عند دورانها. يمكنك أنْ تشعر أو حتى تسمع الشرر يتطاير على الزجاج. أصبح هذا الجهاز الأساس لما كان يسمى بوعاء ليدن نسبة إلى مدينة ليدن في هولندا حيث تمّ اختراعه، في حوالي عام 1745، من قبل أستاذ في الجامعة. كان يملأ الوعاء بالماء إلى النصف ويتم توصيله بآلة لتوليد الكهرباء بواسطة سلك. كانت القطعة الموصلة تسمى (الموصل) لأنها تسمح للقوة الغامضة بالمرور إلى الماء الموجود في الوعاء، حيث يتم تخزينها (أنْ يوصل) يعني (أنْ يقود إلى)

عندما لمس مساعد المختبر جانب الوعاء والقطعة الموصلة، تعرض إلى هزة اعتقد إنها اخترقت جميع أجزاء جسمه. تسبب الإعلان عن هذه التجربة في حدوث ضجة كبيرة وذاع صيت وعاء ليدن. وقام عشرة رهبان بربط أيديهم سوية، وعندما لمس أولهم الوعاء والقطعة الموصلة، فقد اهتزوا جميعًا في وقت واحد. وعلى ما يبدو، فإن الصدمة الكهربائية يمكن أنْ تنتقل من شخص إلى آخر.

ما الذي كان يحدث بالضبط؟ بعيدًا عن الألعاب، كانت هناك قضايا علمية خطيرة على المحك. شاعت الكثير من النظريات حول هذا الموضوع، ولكن كان هناك رجل واحد قدم بعض التفسير لهذا الموضوع هو بنجامين فرانكلين (1706 – 1790). ربما تعرفه على أساس إنه من أوائل المواطنين الأميركان الذين ساهموا في كتابة وثيقة إعلان الاستقلال الأمريكي (1776)، عندما نجحت الولايات المتحدة بتحقيق استقلالها عن الإمبراطورية البريطانية. كان رجلاً ذكيًا ومحبوبًا، صاحب الكثير من عبارات الحكمة البسيطة، مثل (الوقت هو المال) و«في هذا العالم، لا يمكن القول إن هناك أي شيء مؤكد، باستثناء الموت والضرائب». في المرة التالية التي تجلس فيها على كرسي هزاز، أو ترى شخصًا يرتدي نظّارة ثنائية البؤرة، عليك أن تتذكره: فهو مَنْ اخترعهما.

كان فرانكلين يعرف الكثير عن العديد من الأشياء، من خلال قيامه بتعليم ذاتي مكثف شمل أيضًا العلوم. كان يشعر بنفس القدر من الراحة وكأنه في وطنه سواء كان في فرنسا

أو بريطانيا أو أميركا، وكان في فرنسا عندما قام بأداء أشهر تجربة علمية له، مع البرق. ومثل العديد من الناس في العقدين الخامس والسادس من القرن الثامن عشر كان ينتابه الفضول بشأن وعاء ليدن وما يمكن أنْ يتكشف عنه. وحينما أصبح في متناول يديه، تكشف له عن أشياء أكثر بكثير مما كان يعتقد. أولاً، أدرك أن الأشياء إما أنْ تحمل شحنات موجبة أو سالبة – التي نراها مميزة بعلامتي (+) و (−) في طرفي النهايات المتعاكسة من البطارية. وكان يقول إن كلاً، من السلك الموصل والماء داخل وعاء ليدن (كانا ذا كهرباء موجبة أي علامة زائد)، بينما كان السطح الخارجي سالبًا. كان الموجب والسالب بنفس القوة وألغيا بعضهما البعض. أقنعته المزيد من التجارب بأن طاقة الوعاء الحقيقية تكمن في الزجاج، وقد صنع نوعًا من البطاريات (وهو من اخترع هذه الكلمة) بوضع قطعة زجاج بين شريطين من الرصاص. عندما ربط جهازه بمصدر للكهرباء، أمكن له تفريغ هذه البطارية من الكهرباء. لسوء الحظ، لم يتابع هذا الاكتشاف أكثر من ذلك.

لم يكن فرانكلين هو أول من احتار في العلاقة بين الشرارات الناتجة عن الآلات على الأرض والشرارات التي كانت في السماء، أي البرق. لكنه كان أول من استخدم ما تعلمه عن وعاء ليدن في محاولة لمعرفة كيف يمكن أنْ تكون هناك علاقة تربطهما. ابتكر تجربة ذكية (ولكنها خطيرة). وقال إن الكهرباء في الغلاف الجوي تتجمع على حافة الغيوم، كما يحدث تمامًا في

وعاء ليدن. إذا اصطدمت سحابتان مع بعضهما البعض، عند تنقلهما في السماء أثناء حدوث عاصفة رعدية، فسيكون هناك تفريغ للكهرباء – يكشف عنه وميض البرق. و، يمكنه أنْ يثبت أن فكرته كانت صحيحة عن طريق تحليق طائرة ورقية أثناء العاصفة الرعدية. من الضروري أن يتم عزل الشخص الذي يحلق بالطائرة الورقية بشكل كامل وصحيح عن الكهرباء (باستخدام مقبض شمع لإمساك خيط الطائرة الورقية) و(أنْ يوصل بالأرض) (من خلال وجود قطعة من الأسلاك تربط به وتتصل بالأرض لتفرغ في باطنها شحنات الكهرباء). بدون هذه الاحتياطات، قد تقتله صدمة الكهرباء، ومع الأسف مات بالفعل أحد المشاركين في التجربة لأنه لم يتبع تعليمات فرانكلين. أقنعت تجربة الطائرة الورقية فرانكلين بأن الكهرباء الموجودة في البرق تشبه الكهرباء الموجودة في وعاء ليدن.

في البداية كانت الجاذبية، والآن الكهرباء: يبدو أن الأشياء التي في السماء والتي على الأرض بدأت تقترب من بعضها أكثر فأكثر.

كان لعمل فرانكلين في مجال الكهرباء نتائج عملية فورية. فقد بين أن قضيبًا معدنيًا ذو نهاية حادة يمكن أن يقوم بتوصيل الكهرباء إلى الأرض. لذا، إذا تمّ وضع مثل هذا القضيب على قمة بناية، مع وجود جسم موصل عازل يخرج منه على طول الطريق إلى الأسفل نحو الأرض، فان البرق سيذهب بعيدًا عن المبنى، ولن يحترق إذا ضربه البرق. كانت هذه مشكلة خطيرة

عندما كانت المنازل تشيد في الغالب من الخشب وتكون أسقفها أحيانا مصنوعة من القش. مانعة الصواعق، وما يزال يطلق عليها حتى الآن، تعمل وفق هذا المبدأ، وحتى الآن نستخدم كلمة (أرضي) لوصف المجموعة الصغيرة من الأسلاك المعزولة في المقابس الكهربائية التي تخلص الشحنة الكهربائية الزائدة في أشياء مثل الغسالات والثلاجات. قام فرانكلين بتركيب قضيب مانعة الصواعق في منزله، وانتشرت الفكرة. يمكن أنْ تتحقق نتائج مهمة من فهم الكهرباء.

كانت دراسة الكهرباء واحدة من أكثر مجالات البحث العلمي إثارة في القرن الثامن عشر، وساهم العديد من (الكهربائيين)، كما كان يطلق عليهم، في تزويدنا بما نعرفه اليوم. ثلاثة منهم على وجه الخصوص تركوا أسمائهم معنا. الأول كان لويجي غالفاني (1737 – 1798)، وهو طبيب كان يحب أنْ يجرب حظه في تصليح الأجهزة الكهربائية وعلاج الحيوانات. مارس الطب وقام بتدريس التشريح والتوليد (الإدارة الطبية للولادة) في جامعة بولونيا، لكنه كان أيضًا مهتمّاً وبشكل كبير بالدراسات الفسيولوجية. أثناء بحثه في العلاقة بين العضلات والأعصاب، اكتشف أن عضلة الضفدعة يمكن أنْ تنكمش إذا ارتبط العصب المرتبط بها بمصدر للكهرباء. وبعد إجراء المزيد من الأبحاث، قام، بربط العضلة بوعاء ليدن وأصبح قادرًا على توليد وتفريغ تيار كهربائي. وقال غالفاني إن الكهرباء جزء مهم من الحيوانات. وبالفعل، بدا أن (الكهرباء الحيوانية)، كما وصفها، هي عنصر

أساس في كيفية عمل الحيوانات. وكان على حق. وما تزال صدمات الكهرباء الساكنة، والتي تحدث عندما يتم تصريف الكهرباء التي تراكمت على سطح الجسم، تسمى بالصدمات الكلفانية. يستخدم العلماء والكهربائيون الغلفانومتر لقياس التيار الكهربائي.

تعرضت أفكار غالفاني عن الكهرباء الحيوانية إلى قدر كبير من النقد، وخاصة من أليساندرو فولتا (1757 - 1827)، وهو عالم من مدينة كومو التي تقع في شمالي إيطاليا. كان لدى فولتا نفور من الأطباء الذين انشغلوا في علم الفيزياء، وقرر أنْ يثبت أن الكهرباء الحيوانية غير موجودة. دخل فولتا وغالفاني في جدالات علنية حادة للغاية حول تفسير تجارب غالفاني. وقام فولتا في سياق عمله المكثف الذي يهدف إلى تشويه سمعة جالفاني، بفحص ثعبان السمك الكهربائي، والذي، كما أثبت من قبل، ينتج الكهرباء. كان يعتقد إنه حتى هذه الحيوانات لا تجعل من فكرة غالفاني أكثر إقناعًا.

الأهم من ذلك، اكتشف فولتا إنه إذا قام ببناء طبقات متتالية من الخارصين والفضة، وفصلها بطبقات رطبة من الورق المقوى، يمكنه إنتاج تيار كهربائي مستمر عبر جميع الطبقات. أرسل فولتا أخبار اختراعه، والذي أطلق عليه اسم (مكدس الفولتية) إلى الجمعية الملكية في لندن وقد أدى هذا الاختراع كما فعل اختراع وعاء ليدن إلى حدوث ضجة كبيرة في إنكلترا وفرنسا.

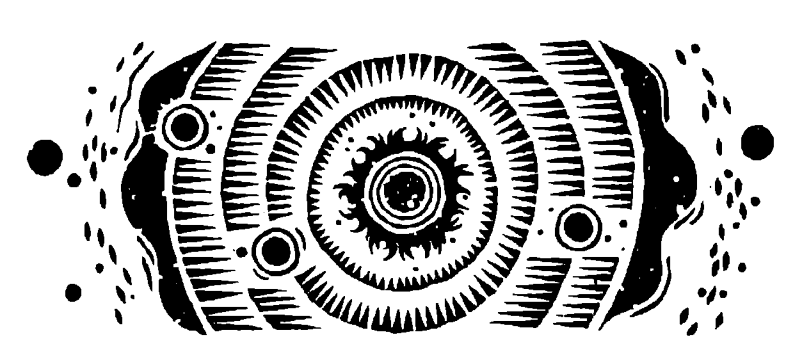
في ذلك الوقت، كانت فرنسا مشغولة في غزو شمالي إيطاليا، وقام الإمبراطور الفرنسي نابليون بونابرت بتكريم الفيزيائي الإيطالي لأجل اختراعه هذا، لأنه قدم مصدرًا موثوقًا للتيارات الكهربائية في البحوث التجريبية. لقد استمر (مكدس) فولتا في لعب دور أساس في الكيمياء في أوائل القرن التاسع عشر. وكان يمثل التطوير العملي للبطارية التي اخترعها بنجامين فرانكلين، والتي أصبحت حاجة ضرورية في حياتنا اليوم. نحن نتذكر فولتا لأن اسمه أعطانا كلمة (فولت) وهي إحدى الطرق التي نقيس بها الطاقة الكهربائية - تحقق من العبوة في المرة التالية التي تقوم فيها بتغيير البطارية.

أما عالمنا الكهربائي العظيم الثالث (وكان أيضًا عالم رياضيات عملاق) فان اسمه أيضًا يشير إلى إحدى وحدات قياس الكهرباء، إنه أندريه ماري أمبير (1775 - 1836). وقد جاءتنا كلمة (أمبير) من اسمه. عاش أمبير صدمة الثورة الفرنسية وعواقبها، حيث قطع رأس والده من على المقصلة. كانت حياته الشخصية محزنة بنفس القدر. ماتت زوجته الأولى المحبوبة بعد ولادة طفلهما الثالث، وزواجه الثاني كان تعيسًا للغاية وانتهى بالطلاق. وحالة أطفاله ومظهرهم كانت مزرية جدًا، وكان يعاني باستمرار من مخاوف مالية. في وسط هذه الفوضى، استطاع أمبير أنْ يكتشف بعض الأشياء الأساسية المتعلقة بالرياضيات والكيمياء، وقبل كل شيء، ما أسماه بـ (الديناميكا الكهربائية). هذا الموضوع المعقد والذي يجمع بين الكهرباء والمغناطيسية أظهرت تجارب أمبير

البسيطة والمتقنة وعلى الرغم من تعقيدها، أن المغناطيسية هي في الواقع كهرباء تتحرك. وقد عززت أعماله أفكار وأعمال فاراداي وماكسويل، ولذلك سنتحدث عنه بمزيد من التفصيل عندما نأتي إلى الحديث عن هذين العملاقين الآخرين في مجال بحوث الكهرومغناطيسية. على الرغم من أن العلماء اللاحقين أظهروا أن العديد من تفاصيل نظريات أمبير لم تؤد إلى أي شيء، إلّا أنه حدد نقطة البداية لكثير من الأبحاث في الكهرومغناطيسية. من المهم أنْ نتذكر إن العلم يتعامل مع الأشياء أحيانًا بشكل خاطئ.

بحلول وقت وفاة أمبير، قطعت الكهرباء شوطًا طويلًا نحو ترويضها. كان ما قام به فرانكلين هو من الأعمال البسيطة، وكان يعتبر من أعمال، الهواة الماهرين مقارنة مع غالفاني وفولتا وأمبير، الذين استخدموا معدات أكثر تطورًا وعملوا في المختبرات. كان غالفاني قد تفوق على فولتا، لأننا نعلم الآن أن الكهرباء تلعب دورًا مهمًا عندما تتفاعل العضلات والأعصاب.

الفصل الثامن عشر



الكون المنتظم

مثلما أوجدت الثورة الأميركية (المعروفة أيضًا باسم حرب الاستقلال الأميركية) في 1776، والثورة الفرنسية في 1789، والثورة الروسية في عام 1917 أشكالاً جديدة من الحكم ونظامًا اجتماعيًا جديدًا في كل بلد حدثت فيه. كانت هناك أيضًا ثورة نيوتونية. لكن عددًا قليل من الناس سمعوا عن ثورة نيوتن، ولكنها كانت بنفس القدر من أهمية الثورات آنفة الذكر، وعلى الرغم من أن الأمر استغرق عقودًا وليس أعوامًا حتى يظهر تأثيرها، فإن نتائجها كانت عميقة. لقد وصفت الثورة النيوتونية العالم الذي نعيش فيه.

ظل السير إسحاق نيوتن حتى بعد وفاته في 1727، يمثل شخصية بارزة من شخصيات القرن الثامن عشر. في كل مجال

من مجالات البحث والتنظير، كان كثير من الباحثين يرغبون أن يكونوا هم (نيوتن) مجال عملهم. آدم سميث أراد أن يكون نيوتن الاقتصاد. ودعا البعض وليام كولين بأنه نيوتن الطب؛ وسعى جيرمي بنثام ليكون نيوتن الإصلاح الاجتماعي والسياسي. ما سعى إليه هولاء جميعًا هو أنْ يتمكنوا من اكتشاف قانون أو مبدأ عام من شأنه أنْ يجعل اسمهم يلتصق بفرع المعرفة الذي اختصوا به، تمامًا كما كانت جاذبية نيوتن تبدو وكأنها تحمل الكون في تقدمها المبهر والمنتظم على مر الفصول والسنوات. وكما قال الشاعر ألكسندر بوب مازحًا، كانت الطبيعة وقوانينها كامنتين في ظلمة الليل. / فقال الخالق، اتركوا نيوتن يعمل! فأضاء كل شيء.

ولكون البابا إنكليزيًا، ربما كان متحيزًا لصالح مواطن بلده. في فرنسا وألمانيا وإيطاليا، لفت نيوتن الانتباه إليه حتى في حياته، ولكن كانت هناك تقاليد علمية أخرى كانت ما تزال تؤخذ بالحسبان. في فرنسا، كانت رؤية ديكارت الميكانيكية للكون ما زالت مؤثرة. في ألمانيا كانت هناك مشاحنات حول مَنْ اخترع حساب التفاضل والتكامل، حيث كان المعجبون بالفيلسوف جي. دبليو. ليبنز (1646 - 1716) يصرون على أن نيوتن كان أقل أهمية في تطوير هذه الأداة الرياضياتية من رجلهم. لكن في بريطانيا، اجتذب نيوتن العديد من الأتباع، الذين كانوا سعداء للغاية لأن يطلقوا على أنفسهم اسم (نيوتنيون)، والذين استخدموا رؤيته الثاقبة في الرياضيات والفيزياء والفلك والبصريات.

ومع ذلك، فإن تجارب نيوتن في علم البصريات إضافة إلى قوانين الحركة التي اخترعها تغلغلت تدريجيًا في الفكر الأوروبي. وزاد من سمعته محام لم يكن يخطر على بال أحد: إنه الشاعر والروائي والأديب فولتير (1694 - 1778). كان أكثر إبداعات فولتير شهرة هي الشخصية المحبوبة، كانديد، التي ظهرت في إحدى قصص المغامرات. يعيش كانديد حياة هي عبارة عن سلسلة من الكوارث المستمرة - فكل الأمور كانت تسير من سيئ إلى أسوأ - لكنه لم ينسَ أبدًا فلسفته: إن العالم الذي خلقه الله لابد أن يكون في أفضل صورة ممكنة. لذلك فإنه بقي متفائلا، موقنًا أن ما يحدث له، بغض النظر عن إنه كان مروعًا للغاية، هو الأفضل في (أفضل ما في العوالم الممكنة). بعد مغامراته الرهيبة، قرر أنْ يبقى في المنزل ويعتني بحديقته: وفي الواقع كانت نصيحة جيدة للغاية.

وفيما كان كانديد يسخر بلطافة من فلسفة ليبنز منافس نيوتن في اختراع حساب التفاضل والتكامل. كان فولتير من أشد المعجبين بـ (نيوتن)، وفي الواقع، كان معجبًا بكل شيء إنكليزي. أمضى عامين في إنكلترا وكان معجبًا جدًا بحرية التعبير والتفكير هناك. (سُجن فولتير في بلده فرنسا بتهمة انتقاد الكنيسة الكاثوليكية وملك فرنسا، لذا عرف مدى أهمية حرية التعبير). كما إنه خرج من إنكلترا وهو يكيل المديح لأفكار نيوتن وقام بإصدار طبعة شعبية لأفكار نيوتن باللغة الفرنسية موجهة للأشخاص العاديين. وجد كتاب فولتير العديد من القراء في

أوروبا، حيث كان الجميع يناقش الطرق التي جعلت من مبادئ الرياضيات والفيزياء التي جاء بها نيوتن تعطي تفسيرًا لحركة الكواكب والنجوم، وظاهرة المد والجزر التي تحدث كل يوم، ومسار الرصاصة، وبالطبع سقوط التفاحة.

اكتسب نيوتن سمعته الهائلة بشكل تدريجي لأن الأدوات - الرياضياتية والفيزيائية على حد سواء - التي عرضها في كتابه الشهير المبادئ أثبتت صحتها على أرض الواقع. ساعدت هذه الأدوات الرياضياتيين والفيزيائيين وعلماء الفلك على دراسة عدد من المشاكل التي لم يتطرق إليها نيوتن. لا يوجد عمل علمي أبدًا يمتلك الحقيقة المطلقة، وهكذا كان الحال أيضًا مع نيوتن. كان العديد من الأفراد سعداء لكون نيوتن عملاقًا ليستطيعوا الوقوف على كتفيه. وساعدهم في كثير من الحالات، على الرؤية إلى أبعد مدى.

دعونا ننظر إلى ثلاثة أمثلة: أسباب ظاهرة المد والجزر وشكل الأرض وعدد مدارات الكواكب في النظام الشمسي.

يوجد هناك (مد وجزر) يحدث الجزر عندما ينحسر ماء البحر ويتوجب عليك أنْ تمشي في البحر أكثر قليلاً قبل أنْ تتمكن من السباحة، ويحدث المد عندما يتمدد البحر نحو الساحل ويغسل القلاع الرملية التي شيدتها. يمتلك المد والجزر نمطًا يوميًا منتظمًا، وتشكل معرفته أمرًا مهمًا بالنسبة للبحارة، الذين يحتاجون إلى المد المرتفع لكي يسهل على السفينة الرسو في الميناء. لقد رسم أرسطو علاقة بين المد والجزر والقمر. بعد أنْ أصبح

من الشائع الاعتقاد بأن الأرض تتحرك بالفعل، قارن البعض المد والجزر بالموجات التي يمكنك صنعها في دلو من الماء عن طريق إمالته إلى الأمام والخلف. بالنسبة لنيوتن، كانت الجاذبية هي مفتاح الحل. فقال إن (جاذبية القمر) تكون أكبر عندما يكون القمر أقرب إلى الأرض. (مثلما تدور الأرض حول الشمس، يدور القمر حول الأرض في شكل بيضوي، لذا فإن المسافات بين الأرض والقمر تختلف بشكل منتظم). إن جاذبية القمر تجذب الماء في المحيطات نحوه. عندما تدور الأرض، ستصبح منطقة البحر أقرب إلى القمر، ثم تبتعد عنه بعد ذلك، وبالتالي فإن قوة الجاذبية المتزايدة والمتناقصة تساعد على تمدد وانحسار المحيطات بالطريقة العادية التي يمكننا رؤيتها. وهذا ما يفسر ظاهرة المدّ والجزر. كان نيوتن محقًا عندما اعتقد أن المدّ والجزر هو تعبير عملي عن الجاذبية.

في وقت لاحق قام نيوتونيان بصقل حسابات أستاذهم. قدم الطبيب السويسري دانيال برنولي (1700 – 1782) تحليلاً أوثق عن المدّ والجزر في عام 1740. كان مهتمًا بالرياضيات والفيزياء والملاحة أكثر من الطب، وساعد أيضًا في تفسير كيف تهتز الأوتار (كما هو الحال عند عزف الغيتار) وكيف يتأرجح البندول (كما في الساعات التي يحملها أجدادنا). وفي تحسين تصاميم السفن أيضًا. وفي كلية الطب في بازل، استخدم برنولي نظرية نيوتن في الميكانيك للبحث في عدة أشياء مثل الطريقة التي تتقلص بها عضلاتنا وتنكمش لتحريك أطرافنا. كان عمله على

المدّ والجزر استجابةً لسؤال طرحته أكاديمية العلوم في باريس، والتي أعلنت عن منح جائزة لأفضل جواب - كثيرًا ما كانت الجمعيات العلمية تقيم هكذا مسابقات. تقاسم برنولي الجائزة مع آخرين، حيث ساعد كل منهم على تفسير سبب تصرفات المد والجزر على هذا النحو، كما تضمنت استكشافاتهم، تأثير قوة جاذبية الشمس أيضًا. عندما يجذب شيئان، مثل الأرض والقمر، بعضهما البعض، تكون المعادلات الرياضياتية بسيطة نسبيًا. أما في العالم الواقعي، تصبح للشمس والكواكب وأشياء أخرى كتلة تعقد المشهد، وتصبح المعادلات الرياضياتية أكثر صعوبة.

طرحت أكاديمية باريس للعلوم أيضًا سؤالاً رئيسًا ثانيًا حول نظرية نيوتن: هل أن الأرض كرة مستديرة؟ ومن السهل أنْ نرى إنها لم تكن ملساء تمامًا، مثل كرة تنس الطاولة ففيها جبال ووديان. ولكن هل كانت مستديرة أساسًا؟ كان نيوتن قد قال لا، لأنه بيّن أن قوة الجاذبية عند خط الاستواء كانت مختلفة قليلاً عن قوة الجاذبية في شمالي أوروبا. وكان يعرف هذا من خلال تجاربه مع البندول. يتأثر تأرجح البندول بقوة جاذبية الأرض. فكلما كانت الجاذبية أقوى، كلما تحرك البندول بشكل أسرع، ولذلك يستغرق الأمر فترة قصيرة من الوقت حتى يكمل دورة تأرجحه جيئةً وذهابًا. كان البحارة يقيسون أطول مسافة يقطعها البندول عند تأرجحه خلال ثانية واحدة بالضبط، وكانت المسافة تصبح أقصر قليلاً عند خط الاستواء. هذا الاختلاف جعل نيوتن يدرك أن المسافة إلى مركز الأرض كانت أكبر قليلاً

عند خط الاستواء. إذا كانت الكرة الأرضية مثالية، فستكون المسافة نفسها في كل مكان من السطح إلى المركز. وبناء على ذلك، قال نيوتن إن الأرض مسطحة بالفعل في القطبين - كما لو أنها كانت مائلة من الأعلى إلى الأسفل - وتنتفخ قليلاً عند خط الاستواء. كان يعتقد أن هذا الشكل ناتج عن دوران الأرض على محورها الشمالي - الجنوبي عندما كانت ما تزال جديدة جدًا وفي طور الانجماد من حالتها السائلة. ألمح نيوتن إلى أن هذا كان يعني أن عمر الأرض يتجاوز ستة آلاف سنة، لكنه لم يكشف أبدًا عن عمر الأرض الحقيقي الذي كان يعتقده.

عندما كانت تجري مناقشة أعمال نيوتن في فرنسا خلال ثلاثينيات القرن الثامن عشر، كان العديد من العلماء الفرنسيين يرفضون الاعتقاد بأن الأرض لديها هذا الشكل غير المثالي. وهكذا أرسل لويس الخامس عشر ملك فرنسا بعثتين، واحدة إلى لابلاند، بالقرب من الدائرة القطبية، وواحدة إلى بيرو، بالقرب من خط الاستواء - وهي طريقة مكلفة لاختبار حقيقة بسيطة. ما فعلته البعثتان هو قياس الطول الدقيق لدرجة واحدة من خط العرض في هذين الموقعين. خط العرض هو مقياس لمحور الشمال والجنوب للأرض، حيث يكون مقداره في خط الاستواء صفرًا، وفي القطب الشمالي 90+ درجة وفي القطب الجنوبي درجة - 90.

(يتطلب الأمر 360 درجة للالتفاف حول العالم بشكل كامل). يمكنك مشاهدة خطوط العرض مرسومة على الجوانب

في خريطة العالم. إذا كانت الأرض مستديرة تمامًا، فستكون كل درجة من خطوط العرض متماثلة. عادت رحلة لابلاند أولاً (لم يكن عليها أنْ تسافر أصلاً) ولكن عندما عادت مجموعة البيرو، بعد تسع سنوات، تبين أن درجة العرض في لابلاند كانت أطول من تلك الموجودة في بيرو، تمامًا كما تنبأ نموذج نيوتن. ساعدت هذه النتائج في رفع سمعة نيوتن في أوروبا القارية (مصطلح يعني قارة أوروبا بمعزل عن الجزر الأوروبية المجاورة مثل بريطانيا).

كان علماء الفلك في جميع أنحاء أوروبا يراقبون النجوم والكواكب في محاولة للتنبؤ بكيفية تحركها، وبالتالي أين يتم رصدها كل مساء (أو كل عام). وقد أصبحت هذه التنبؤات أكثر دقة من ذي قبل، بعد أن أُنجز المزيد والمزيد من الملاحظات، وأصبح التحليل الرياضياتيلحركاتها أكثر دقة. ومكّن بناء تلسكوبات أكبر علماء الفلك من رؤية المزيد في الفضاء، تمّ اكتشاف نجوم جديدة، وحتى مجرات جديدة. كان أحد أهم هؤلاء المنجمين هو لاجئ إلى إنكلترا من ألمانيا، يدعى ويليام هيرشل (1738 – 1822). كان هيرشل موسيقيًا، لكنه كان شغوفًا بمراقبة السماء. ذات ليلة، في عام 1781، لاحظ كائنًا جديدًا، لم يكن نجمًا. في البداية اعتقد إنه ربما كان مذنبًا ووصفه لمجموعة محلية من الباحثين في مدينة باث، حيث كان يعيش. جذبت ملاحظته انتباه الآخرين، وسرعان ما أصبح من الواضح

أن هيرشل اكتشف كوكبًا جديدًا. أطلق عليه في نهاية المطاف اسم أورانوس، وهي شخصية من الأساطير اليونانية القديمة.

غيّر هذا الاكتشاف حياة هيرشل ومكّنه من تكريس نفسه بالكامل لعلم الفلك. أخذ الملك جورج الثالث، الذي جاءت أسرته أيضًا من ألمانيا، يهتم بعمل هيرشل. وساعده الملك جورج في بناء أكبر تلسكوب في العالم، وفي النهاية جاء ليعيش بالقرب من وندسور، حيث كانت توجد واحدة من القلاع الملكية. وحيث أن هيرشل كان يكرس وقته في مراقبة السماء، فقام بترتيب حياته عندما انتقل إلى وندسور بحيث لا تفوته ملاحظة ليلة واحدة، ساعدته أخته كارولين (1750 - 1848)، التي كانت أيضًا خبيرة فلكية. في جميع أعماله كما واصل الابن جون هيرشل (1792 - 1871) عمل والده، وجعله شأنًا عائليًا.

لم يكن وليام هيرشل ينظر إلى النجوم والكواكب والأجسام السماوية الأخرى فحسب، بل إنه كان يفكر بعمق في ما كان يراه. وحيث كانت لديه أفضل التلسكوبات في زمانه، استطاع رؤية المزيد. وألف كتبًا تحوي فهارس عن أسماء النجوم كانت أكبر وأكثر دقة من أي كتاب صدر في أي وقت مضى. لقد أدرك أن مجرتنا، درب التبانة، لم تكن المجرة الوحيدة في الكون، وحار لفترة طويلة وصعبة حول ما سُمي بـ (السديم)، وهي مناطق في السماء ظهرت على شكل بقع بيضاء ضبابية. ويمكن في بعض الأحيان مشاهدة عدد قليل منها في ليلة صافية بالعين المجردة، ولكن تلسكوب هيرشل كشف عن الكثير من هذه

المناطق ذات البقع. وتبدو درب التبانة غير واضحة نظرًا لأننا نحدّق في نقاطها البعيدة، وقد افترض علماء الفلك أن السديم هي ببساطة مجموعات من النجوم. بين هيرشل أن البعض منها ربما يكون كذلك، لكن البعض الآخر كان عبارة مناطق هائلة من السحب الغازية تدور حولها في الفضاء السحيق. بالإضافة إلى ذلك، ومن خلال النظر إلى (النجوم المزدوجة)، كان هناك أزواج من النجوم قريبة من بعضها حسنًا، إنها (قريبة) بالنظر إلى المسافات التي نتحدث عنها، أظهرت أن سلوك هذه النجوم يمكن تفسيرها عن طريق انجذاب قوى الجاذبية: وظهر إن الجاذبية التي اكتشفها نيوتن تمتد حتى إلى مناطق خارج نطاق الفضاء.

أصبحت قوانين نيوتن في الجاذبية والحركة، إلى جانب تحليله الرياضياتي للقوة (الطاقة)، والتسارع (زيادة السرعة)، والقصور الذاتي (الميل إلى مواصلة الحركة في خط مستقيم)، المبادئ الموجهة للفلاسفة الطبيعيين خلال القرن الثامن عشر. ولم يقم أحد بإظهار كم يمكن تفسير هذه المبادئ أكثر من الفرنسي، بيير سيمون دي لابلاس (1749 - 1827). عمل لابلاس مع لافوازييه، الذي سنلتقي به في الفصل العشرين، ولكن خلافًا لصديقه غير المحظوظ، عاش لابلاس في زمن الثورة الفرنسية دون أنْ يصاب بأذى. كان نابليون معجبًا به، وكان شخصية علمية بارزة في فرنسا على مدى نصف قرن. استخدم لابلاس قوانين نيوتن للحركة وأدواته الرياضياتية لإظهار أن الأشياء التي يمكن للمرء رؤيتها في السماء يمكن فهمها، وإنه يمكن

التنبؤ بالتحركات المستقبلية للكواكب والنجوم والمذنبات والكويكبات بكل دقة. لقد طوّر نظرية حول نظامنا الشمسي، الذي يضم الشمس وكواكبها، وكيف إنه ولد قبل ملايين السنين جراء انفجار ضخم، وقيام الشمس برمي كتل كبيرة من الغازات الساخنة التي بردت تدريجيًا لتشكل الكواكب (وأقمارها). وقد أطلق عليها اسم (الفرضية السديمية)، وقدم بعض الحسابات الرياضياتية المعقدة للغاية لإظهار إنها ربما قد حدثت بهذه الطريقة. كان لابلاس يقوم بوصف نسخة لما نسميه الآن الانفجار العظيم (الفصل 39)، على الرغم من أن علماء الفيزياء اليوم يعرفون الكثير عن هذا الأمر أكثر مما كان يعرفه لابلاس.

كان لابلاس شديد الإعجاب بقوة قوانين نيوتن في الحركة إلى الحد الذي اعتقد فيه أنه إذا كان بإمكاننا فقط معرفة أين كان كل جسيم في الكون في لحظة معينة، يمكننا أنْ نتنبأ بحركة الكون كله إلى نهايات الزمن. أدرك أنه لم يكن من الممكن القيام بذلك. ما كان يقصده هو أن قوانين المادة والحركة كانت صحيحة بحيث أن الكون كله كان يعمل حقًا كساعة مصنوعة باتقانٍ عالٍ، وبهذا حافظ على الوقت المثالي. خدمت رؤيته عن الكون الذي يعمل مثل الساعة العلماء لمدة قرن من بعده.

الفصل التاسع عشر



تصنيف العالم الحي

كوكبنا موطن لمجموعة متنوعة ومذهلة من النباتات والحيوانات. ما زلنا لا نعرف بالضبط عدد الحشرات أو الكائنات البحرية الموجودة. نحن نخشى بحق أن الجنس البشري يقوم بتقليل عددها. ويتم الحديث في الأخبار في كل يوم تقريبًا عن (الأنواع المهددة بالانقراض)، مثل الباندا العملاقة والنمور الهندية، بالنسبة لنا كبشر يشعرون بالقلق فإن الكلمة المهمة في عبارة (الأنواع المهددة بالانقراض) هي كلمة الانقراض، ولكن بالنسبة للعلماء، فإن الكلمة ذات الأهمية المماثلة هي الأنواع. كيف نعرف أن الباندا العملاقة هي ليست من نفس نوع حيوان الدب الرمادي، أو أن القط البري مختلف عن القط الأليف الذي نمسد على ظهره؟

يشير سفر التكوين في الكتاب المقدس، إلى أن آدم هو من أوكلت إليه مهمة تسمية النباتات والحيوانات في جنة عدن. لدى جميع المجموعات البشرية طريقة لتنظيم العالم الحي الذي يحيط بها. تحتوي جميع اللغات على أسماء للنباتات والحيوانات التي يستخدمها الناس، سواء تلك النباتات التي تتم زراعتها أو جمعها أو الحيوانات التي تستخدم كوسيلة نقل أو تعطينا اللحوم أو الجلود أو الحليب.

خلال القرنين السابع عشر والثامن عشر، بدأ المستكشفون الأوروبيون بجلب العديد من الأنواع الجديدة من النباتات والحيوانات من أجزاء غريبة من العالم: من أميركا الشمالية والجنوبية، وأفريقيا، وآسيا، ثم أستراليا ونيوزيلندا، بالإضافة إلى عدة جزر في محيطات العالم. كانت العديد من هذه المخلوقات الجديدة مختلفة بشكل رائع عن النباتات والحيوانات المألوفة في العالم القديم، ولكن عندما تمّ فحصها عن كثب، لم يكن الكثير منها مختلفًا. على سبيل المثال، كانت الأفيال الموجودة في الهند وأفريقيا متشابهة إلى حدٍ كبير ويبدو أن حتى الاسم نفسه كان متشابهًا. ومع ذلك، كانت هناك اختلافات صغيرة. كيف ينبغي لنا أنْ نتناول هذه الاختلافات الطفيفة، وهذا التنوع الغني الذي تحتويه الطبيعة؟

منذ العصور القديمة، كانت هناك إجابتان أساسيتان لهذا السؤال. كان أحدها يفترض أن الطبيعة كانت وفيرة إلى درجة إنه لم يكن من المستغرب أنْ يتم العثور على العديد من الأنواع

الجديدة من النباتات والحيوانات في المناطق النائية من العالم. كان يُعتقد أن هذه الاكتشافات الجديدة كانت ببساطة تملأ الفجوات في ما سماه علماء الطبيعة (سلسلة الكينونة العظمى)، وهي فكرة سبق أنْ قابلناها في الفصل الخامس. وكان أولئك الذين آمنوا بسلسلة الكينونة العظمى يجادلون بان الخالق كان قويًا إلى الحد الذي تستطيع فيه كل مخلوقاته البقاء على قيد الحياة فلم يفاجأوا بوجود حيوانات تجمع بين خصائص الحيوانات الأخرى، مثل الحيتان والدلافين في المحيطات، التي تبدو مثل الأسماك، ولكنها تتنفس وتلد مثل الحيوانات البرية. أو الخفافيش التي تشبه الطيور في أن لديها أجنحة وتطير، لكنها لا تضع بيضًا. وحدث كل ذلك لأن هؤلاء الطبيعيين ظنوا أن كل الجوانب الغريبة من الحياة النباتية والحيوانية يمكن تفسيرها على أنها جزء من سلسلة الوجود. إن فكرة (الحلقة المفقودة) في هذه السلسلة، التي ربما سمعت عنها عند العثور على شيء متحجر جديد ومهم، كانت موجودة منذ فترة طويلة.

كانت الإجابة الثانية هي الافتراض بأن الله قد خلق أصلاً كل نوع من النبات والحيوان، وإن التنوع الكبير للطبيعة الذي نراه من حولنا هو نتيجة قيام الاجيال المتعاقبة بإنتاج أعداد متتالية من صغارها. تنتج أشجار البلوط فسائل من جوز البلوط تنبت من بين جذورها، تمامًا مثل القطط التي تلد قططًا صغيرة، وتنمو لتلد هي الأخرى المزيد من القطط الصغيرة وهكذا. مع كل جيل، أو مئات، أو الآف الأجيال، تصبح الأشجار

والقطط أكثر تنوعًا. وهذا يعني، إن التنوع الواسع للطبيعة يجب أنْ يُفهم على أنه يحدث نتيجة للتغيرات التي حدثت بمرور الوقت، على الرغم من أنه لا يزال هناك من يقول إن كل نبات أو حيوان مرتبط بنموذج أصلي له. وإذا قمنا بمسح لجميع النباتات والحيوانات الأصلية سينكشف لنا تصميم الخالق، الذي يمثل (شجرة الحياة).

خلال القرن الثامن عشر، سيطر اثنان من علماء الطبيعة على التفكير في هذه القضايا، وقد حدث أنْ عكسا هذين النهجين المختلفين. الأول كان من النبلاء الفرنسيين، وهو جورج دي بوفون - جورج لوي لوكليرك (1707 – 1888)، كان رجلاً غنيًا، كرس حياته للعلوم. كان يقضي جزءًا من السنة في عزبته والجزء الآخر في باريس، حيث كان مسؤولاً عن حدائق الملك - التي كانت تشبه إلى حد كبير حديقة الحيوانات أو متنزه الحيوانات البرية في يومنا الحالي. كان شديد الإعجاب بنيوتن والفيزياء والرياضيات منذ وقت مبكر، ولكنه أمضى معظم حياته الطويلة في البحث في العالم الطبيعي. كان هدفه وصف الأرض وكل النباتات والحيوانات التي تعيش على سطحها. تمّ جمع كل أبحاثه بعناية في عمل ضخم مؤلف من 127 مجلدًا كان اسمه ببساطة (التاريخ الطبيعي). في ذلك الوقت، كان (التاريخ) يعني أيضًا (الوصف)، وفي هذه المجموعة من الكتب، وضع بوفون وصفًا لجميع الحيوانات (وعددًا قليلاً من النباتات) التي أمكنه الحصول عليها.

وصف بوفون تقريبًا كل ما في استطاعته عن حيواناته: تشريحها، وطريقة تحركها، وماذا تأكل، وكيف تتكاثر، وكيف نستخدمها، وغير ذلك الكثير. لقد كانت محاولة حديثة رائعة لرؤية الحيوانات وسط بيئتها قدر الإمكان. ودرس في مجلد بعد آخر، العديد من الثدييات والطيور والأسماك والزواحف المعروفة. صدر هذا العمل الضخم على مدى أربعين عامًا، ابتداء من عام 1749، وكان القراء ينتظرون بفارغ الصبر صدور مجلد جديد. وتمت ترجمته إلى معظم اللغات الأوروبية.

كان بافون مفتونًا بجميع خصائص كل حيوان قام بفحصه. وكما قال في عبارته المشهورة (الطبيعة لا تعرف سوى الفرد)، مما يعني إنه لم يكن هناك أي نسق في الطبيعة، سوى الكثير من النباتات والحيوانات الفردية. والبشر هم الوحيدون الذين حاول تصنيفهم في مجموعات، بسبب سماتهم المميزة وكان يقول، إن الطبيعة غنية للغاية ولكن لا يمكن أنْ ندرسها سوى مخلوق بعد آخر.

كان منافس بوفون الكبير هو الطبيب السويدي وعالم الطبيعة، كارل لينيوس (1707 – 1778). تعلم لينيوس الطب ولكن شغفه الحقيقي كانت النباتات. أمضى معظم حياته كأستاذ في جامعة أوبسالا، في شمالي السويد. وكان لديه حديقة نباتية يواظب على الاعتناء بها، وأرسل العديد من الطلاب إلى جميع أنحاء العالم ليجمعوا له النباتات والحيوانات. توفي بعض طلابه في رحلاتهم، لكن أتباعه ظلوا مخلصين لهدف لينيوس العظيم:

تسمية جميع الأشياء الموجودة على وجه الأرض بدقة. ولغرض المساعدة في تسميتها، قام لينيوس بتصنيفها، أي إنه حدد خصائصها الأساسية. سمح له ذلك بوضعها ضمن (التصنيف الطبيعي). عندما كان ما يزال في العشرينيات من عمره، قام في عام 1735، بتأليف كتاب قصير باسم (النظام الطبيعي) كان الكتاب في الأساس عبارة عن قائمة طويلة تضم جميع الأنواع المعروفة من النباتات والحيوانات، والتي تم تجميعها حسب الأجناس. وقد صدرت منه 12 طبعة في حياته، وكان يقوم في كل مرة بتوسيع قائمته عندما يحصل على معلومات عن أنواع أخرى من النباتات والحيوانات، وخاصة تلك التي اكتشفها طلابه من أجله في أميركا وآسيا وأفريقيا وأجزاء أخرى من العالم.

منذ أيام الإغريق القدماء، طرح علماء الطبيعة سؤالًا عما إذا كان هناك تصنيف (طبيعي) للأشياء في العالم. هل هناك علاقة سرمدية أوآلهية تربط الأشياء بعضها مع البعض الآخر؟ وإذا كان الأمر كذلك، كيف يمكننا اكتشاف ذلك؟ في العصر المسيحي، كان الافتراض الأكثر شيوعًا هو أن الله قد خلق كل نوع من أنواع النباتات والحيوانات (منذ بدء الخليقة)، وتمّ تكليف آدم بتسميتها، وأن ما نراه الآن هو نتاج الزمن والصدفة.

كان لينيوس متعاطفًا مع هذا الرأي، لكنه أدرك مدى تغير النباتات والحيوانات منذ خلقها. وهذا جعل من القيام بالتصنيف (الطبيعي) أمرًا صعبًا للغاية. لذا، فإن ما كان يحتاج إليه في البداية هو بعض القواعد البسيطة في ترتيب وتوحيد كل الأشياء

في العالم. ثانيًا، أراد أنْ يعطي للأشياء تسمية بسيطة لتحديدها. كانت هذه هي مهمة حياته: لقد رأى نفسه حرفيًا كآدم الثاني، حيث أعطى الأشياء أسماءها الدقيقة. بعد كل شيء، كيف يمكن لعلماء الحيوان أو علماء النبات إجراء مناقشة حول نوع من (الكلاب) أو (الزنبق) ما لم يعرفوا بالضبط ما كانوا يتحدثون عنه؟ يعتقد لينيوس إن الطبيعة كانت مضطرة إلى الحصول على صناديق صغيرة، وعندما يوضع كل شيء في صندوقه المناسب عندها سيؤدي العلم دوره بشكل صحيح، قام لينيوس بتصنيف كل شيء تقريبًا: المعادن والأمراض والنباتات والحيوانات، وقام بخطوة جريئة بين الحيوانات: هي إنه شمل البشر في مخططه. في الواقع، أعطانا الاسم البيولوجي الذي ما نزال نستخدمه: هوموسايبنس أي الإنسان العاقل، والذي يعني حرفيًا (الحكيم، أو العارف، أو الإنسان). اقتصر مجال بحث العديد من علماء الطبيعة قبل لينيوس في ما يسمى بـ (العالم الطبيعي)، وبالتالي استبعدوا البشر من مخططاتهم. كان لينيوس، ابن وزير، متدينًا للغاية. مع ذلك وكما أشار، لم تكن هناك أسباب بيولوجية تمنع من الاعتراف بان البشر ليسوا سوى حيوانات، مثل الكلاب والقردة، ولذا هم بحاجة إلى أنْ يُدرجوا في نظامه الطبيعي.

يعتبر الجنس والنوع أهم سمتين أساسيتين في عمله كان لينيوس أثناء التصنيف يستخدم دائمًا حرفًا كبيرًا لتسمية الجنس (ما زلنا نفعل ذلك حتى الآن)، وحرفًا صغيرًا للأنواع: وهكذا كتب كلمة هوموسايبنس. والجنس هو عبارة عن مجموعة من

النباتات أو الحيوانات التي تشترك في خصائص أساسية أكثر من تلك التي يشترك فيها النوع. على سبيل المثال، هناك عدة أنواع مختلفة من القطط في جنس القطط المسمى فيليس، الذي يتضمن قططنا المنزلية ونوع من القطط الوحشية يسمى سلفيستريس في تلك الأيام، كان الجميع يتعلم اللغة اللاتينية في المدرسة، لذا كان من السهل فهم تلك التصنيفات، فكلمة (فيليس) كانت تعني (قطة) وتعني قطة منزلية، وتشير كلمة سلفيستريس إلى قطة أيضًا ولكنها تعني قطة وحشية.

عرف لينايوس أن هناك مستويات مختلفة من التشابه أو الاختلاف بين الكائنات الحية. في أعلى مخططه الكبير كانت هناك ثلاث ممالك: نباتات وحيوانات ومعادن. تحت هذه الممالك توجد الأصناف، مثل الفقاريات (الحيوانات ذات الحبل الشوكي: مثل الحمير، السحالي، وما إلى ذلك)؛ داخل الصنف كانت هناك مراتب، مثل الثدييات (المخلوقات التي ترضع صغارها)؛ يكون التصنيف الأول حسب الجنس. تليه الأنواع. تحت الأنواع، كانت هناك اختلافات. داخل الأنواع البشرية، تسمى هذه الأصناف (الأعـراق). بالطبع، هناك الأفراد – شخص أو نبات أو حيوان له خصائصه الخاصة، مثل الطول، أو ذكر أو أنثى، لون الشعر أو العين، أو نغمة الصوت. لكنك لا تصنف الأفراد بصفتهم هذه، بل تضعهم في مجموعة يمكنك تصنيفها بعد ذلك. وفيما بعد وجد العلماء إنهم اضطروا لإضافة مزيد من الرتب إلى نظام لينايوس الأصلي، مثل الأسر

والعائلات الفرعية والقبائل. يتم الآن تصنيف كل من الأسود والنمور والقطط المنزلية في عائلة القطط.

يُشكّل مجموع كل النباتات والحيوانات الفردية العالم الحي، وكان هذا هو ما أشار إليه بوفون عندما أصر على أن هذه الفئة الأساسية – الفرد – هي الوحيدة المؤكدة.

وكان المستوى الحاسم حقًا للينيوس هو ذلك النوع. فقد ابتكر نظامًا بسيطًا لتحديد كل أنواع النباتات، استنادًا إلى الأجزاء الذكورية والأنثوية في أزهارها. وسمح لعلماء النبات الهواة بالتجول في الغابات والحقول وتحديد ما كانوا يشاهدونه. إلّا أن نظام لينيوس الجنسي وعلى الرغم من أنه كان مقتصرًا على النباتات فقط، قد تسبب في إزعاج بعض الناس وحفز أيضًا على كتابة بعض القصائد المثيرة. الأهم من ذلك، كان تصنيفه للنباتات يعمل بشكل جيد. وأعطى علم النبات دفعة حقيقية. بعد وفاة لينيوس، تمّ شراء مجموعاته النباتية المهمة من قبل رجل إنكليزي ثري، الذي أسس جمعية لينايون في لندن. وهي نشطة حتى يومنا هذا، رغم مرور أكثر من 200 عام على تأسيسها.

ما زلنا نستخدم العديد من الأسماء التي أطلقها لينيوس لتصنيف النباتات والحيوانات. وكان أحدها ترتيب الحيوانات التي تشمل البشر، في صنف الثدييات. نحن نشترك في هذه الرتبة مع القرود والليمور والحيوانات الأخرى التي تشترك معنا في العديد من الصفات. لم يكن لينيوس يعتقد أن أحد الأنواع يمكن أنْ يتطور إلى نوع آخر: فهو يعتقد إن الله قد

خلق بشكل خاص كل نوع منفصل من النبات والحيوان. لكنه أدرك إن البشر جزء من الطبيعة، وإن القواعد التي ندرس بها العالم الطبيعي يمكن استخدامها أيضًا لفهم الجنس البشري. ما نعنيه بالضبط عندما نقول إن هذه المجموعة أو تلك من النباتات أو الحيوانات هي نوع بيولوجي استمر في خلق الحيرة لدى علماء الطبيعة. وما يزال يفعل. لكن الهيكل الذي وضعه لينيوس تغير بعد قرن من ذلك الزمان، على يد عالم طبيعيات آخر أحب النباتات أيضًا: اسمه تشارلز داروين. الذي سنشرح قصته في الفصل الخامس والعشرين.

الفصل العشرون



الهواء والغازات

الهواء هي كلمة قديمة جدًا. لكن كلمة (غاز) أحدث منها بكثير، عمرها بضع مئات من السنين فقط، وكان التحوّل من الهواء إلى الغاز أمرًا بالغ الأهمية. كان الهواء عند قدماء الإغريق، أحد العناصر الأساسية الأربعة، يتكون من شيء واحد فقط. ولكن التجارب التي أجراها روبرت بويل في القرن السابع عشر تحدت هذا الرأي، وتوصل العلماء إلى إدراك أن الهواء الذي يحيط بنا، وجميعنا يتنفسه، يتكون من أكثر من مادة. ومنذ ذلك الحين، كان من الأسهل فهم ما كان يحدث في العديد من التجارب الكيميائية. أنتجت الكثير من التجارب شيئًا يبقبق أو فقاعة تصعد إلى الأعلى وتنفجر ثم تختفي في الهواء. في بعض الأحيان كانت التجربة تبدو وكأنها تغير الهواء: فالكيميائيون

غالبًا ما ينتجون الأمونيا، التي تجعل عيونهم تدمع، أو كبريتيد الهيدروجين، الذي ينبعث من البيض الفاسد. ولكن من دون القدرة على جمع الغازات بطريقة ما، كان من الصعب معرفة ما يجري. وقد أثبت إسحاق نيوتن إن القياس مهم، ولكن كان من الصعب قياس الغاز إذا كان حرًا طليقًا في الغلاف الجوي.

لذا كان على الكيميائيين إيجاد طرق لجمع الغازات النقية. كانت الطريقة الأكثر شيوعًا للقيام بذلك هي إجراء التجربة الكيميائية في مساحة صغيرة مغلقة، مثل صندوق محكم الإغلاق. ثم يتم توصيل هذه المساحة المغلقة بواسطة أنبوب إلى حاوية مقلوبة مملوءة بالماء. إذا كان الغاز لا يذوب في الماء وبعض الغازات كانت كذلك - يمكن للفقاعات أنْ تصل إلى الأعلى وتدفع الماء إلى الأسفل. ابتكر ستيفن هايلز (1677 - 1761)، وهو رجل دين بارع، (حمام مائي) فعال للغاية لجمع الغازات. أمضى هال معظم حياته الطويلة كاهنا لبلدة تيدينغتون، ثم في قرية ريفية، أصبحت الآن جزءًا من لندن. كان رجلًا متواضعًا ويحب العزلة، وكان أيضًا فضوليًا للغاية ويواظب على القيام بالتجارب. وكانت بعض تجاربه رهيبة للغاية: فقد قام في إحداها بقياس ضغط الدم في الخيول والأغنام والكلاب عن طريق إدخال أنبوب مجوف مباشرة في الشريان. يتصل بأنبوب زجاجي طويل، ويقوم ببساطة بقياس مدى ارتفاع الدم، والذي يعادل ضغط الدم. بالنسبة للخيول، يجب أن يبلغ طول الأنبوب الزجاجي تسعة أقدام (7و2 متر) لمنع تدفق الدم إلى الأعلى.

كما قام هايلز أيضًا بدراسة حركة النسغ في النباتات وقياس نمو الأجزاء المختلفة من النباتات. كان يقوم بوضع بقع صغيرة من الحبر على فترات منتظمة على سيقانها وأوراقها، ثم يسجل المسافات بين البقع قبل وبعد نمو النبات. وبين أنْ ليس كل الأجزاء نمت بنفس المعدل. ثم استخدم هايلز عندها جهازه لتجميع الغاز للكشف عن رد فعل النباتات في الظروف المختلفة وتبين له إنها كانت تستخدم (الهواء)، وهي الكلمة التي كانت تطلق حينها على الغلاف الجوي. وضع هايلز في كتابه إحصاء النبات الذي صدر عام 1727 الأسس للاكتشاف الحديث، لأطروحة التركيب الضوئي وهي العملية التي تستخدم فيها النباتات ضوء الشمس كمصدر للطاقة، وتقوم بتحويل ثاني أوكسيد الكربون والماء إلى سكريات ونشويات، وتفرز الأوكسجين أثناء (التنفس)، وهي واحدة من أكثر العمليات الأساسية على كوكبنا، لكننا نستبق الأحداث على أنفسنا، ففي تلك المرحلة لم يكن أحد يعرف الأوكسجين.

التي ورد ذكرها pneuma، لنتذكر كلمة في الفصل السادس؟ والتي تعني كلمة (هوائي) أي ليست سوى ما (يتعلق بالهواء)، والكيمياء الهوائية - كيمياء الهواء - كانت واحدة من أهم مجالات العلوم في القرن الثامن عشر. هل لاحظت أن كلمة (الهواء) جاءت بصيغة الجمع هنا؟ ظهرت الكيمياء الهوائية في الفترة من سنة 1730 فصاعدًا.

ولم تكن تعني سوى أن الفكرة القديمة عن (الهواء) كانت تفسح المجال للفكرة الأكثر ديناميكية عن الهواء كونه في الواقع يتكون من عدة أنواع من الغازات. كما اكتشف العلماء أن معظم المواد يمكن أنْ توجد في حالة غازية - أو أنْ تتحول إليها -، حين تتوفر الظروف المناسبة.

وقد عبّد ستيفن هاليز الطريق لهذا الأمر مع وجود حمامه المائي، وكشفه عن أن النباتات، وكذلك الحيوانات، في حاجة إلى الهواء. هذا (الهواء) كان يُفهم على أنه غاز انطلق بعد إحتراق شيء ما. قام طبيب وكيميائي اسكتلندي يدعى، جوزيف بلاك (1728 - 1799)، بجمع هذا (الهواء) الذي سماه (الهواء الثابت) وأثبت إنه في حين يمكن للنباتات أنْ تعيش فيه وتستخدمه، فإن الحيوانات سوف تموت إذا تمّ وضعها في حاوية لا يوجد فيها سوى هذا الهواء الثابت لتتنفّسه. فقد كانت بحاجة إلى شيء آخر. ويطلق على (الهواء الثابت) في وقتنا الحاضر C02 اسم ثاني أوكسيد الكربون ونحن نعرف إنه جزء أساس من دورة حياة النباتات والحيوانات. وهو أيضًا من (الغازات الدفيئة)، وعامل رئيس في حدوث تأثيرات الغازات الدفيئة التي تؤدي إلى حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري.

كان، هنري كافنديش (1731 - 1810)، وهو رجل ارستقراطي يهوى العزلة يقضي أيامه في مختبره الخاص في منزله في لندن، يقوم بإجراء التجارب والقياسات. اكتشف المزيد عن الهواء الثابت، واستطاع تجميع هواء آخر، كان خفيفًا جدًا،

وينفجر عندما يشتعل في الهواء العادي. وصفه بأنه (هواء قابل للاشتعال). نسميه الآن بالهيدروجين، وتبين أن الانفجار ينتج عنه سائلًا شفافًا لم يكن سوى الماء! كما اجرى كافنديش أبحاثًا على غازات أخرى، مثل النيتروجين.

لم يكن أحد ناجحًا في أبحاث الكيمياء الهوائية مثل جوزيف بريستلي (1733 – 1804). كان بريستلي شخصًا رائعًا وقسيسًا، كتب كتبًا عن الدين والتعليم والسياسة وتاريخ الكهرباء. أصبح موحدًا، ويعني ذلك إنه عضو في مجموعة بروتستانتية تعتقد أن يسوع كان مجرد معلم عظيم جدًا، وليس ابن الله. كما كان بريستلي ماديًا، حيث كان يعتقد إن كل الأشياء الطبيعية يمكن تفسيرها بتفاعلات المادة: لم تكن هناك حاجة إلى (الروح) أو (النفس). خلال الأيام الأولى للثورة الفرنسية، التي دعمها، تمّ حرق منزله في برمنغهام من قبل الناس الذين خافوا من أن الآراء الدينية والاجتماعية الليبرالية مثل التي كان يحملها قد تأتي بالثورة عبر قناة بحر المانش (تفصل بين فرنسا وبريطانيا). فهرب إلى الولايات المتحدة، حيث عاش آخر عشر سنوات من حياته.

بريستلي كان أيضًا كيميائيًا مشغولاً جدًا. استخدم الهواء الثابت لصنع مياه الصودا، لذلك تذكّره في المرة التالية التي تتناول فيها مشروبًا غازيًا. اكتشف بريستلي العديد من الغازات الجديدة، وتساءل، مثل جميع الكيميائيين الهوائيين، عما يحدث عندما تحترق الأشياء. كان يعرف إن الهواء يلعب دورًا في عملية الاشتعال، وكان يعرف أيضًا أن هناك نوعًا من (الهواء) (الغاز)

الذي يجعل الأشياء تشتعل بقوة أكبر من الهواء (العادي) المحيط بنا. وقام بصنع هذا (الهواء) عن طريق تسخين مادة نعرفها باسم أوكسيد الزئبق، وجمع الغاز في حمام مائي. واثبت إنه يمكن للحيوانات أنْ تعيش فيه، مثلما يمكن للنباتات أنْ تعيش في الهواء الثابت. وفي الحقيقة كان (هواء) بريستلي الجديد شيئًا مميزًا: بدا إنه المادة الاساسية التي تشترك في العديد من التفاعلات الكيميائية، وكذلك في التنفس والاشتعال. واعتقد إنه يمكن شرح كل شيء من خلال مادة تسمى (الفلوجستين)، وأن كل الأشياء التي يمكن أنْ تحترق تحتوي على مادة الفلوجستين والتي تنبعث أثناء عملية الاحتراق. وعندما يصبح الهواء من حولنا مشبعًا بالفلوجستون، لن يعود بإمكاننا القيام بعملية اشتعال أو احتراق.

استخدم العديد من الكيميائيين فكرة الفلوجستون هذه لشرح ما يحدث عندما تحترق الأشياء ولماذا يجعل بعض (الهواء) الأشياء في حاوية مغلقة تحترق لبعض الوقت، ثم يبدو إنه يجعلها تخرج. عند حرق كتلة من الرصاص، سيكون الناتج (أي المادة التي يخلفها الحريق) أثقل من الكتلة الأصلية. وهذا يشير، إلى أن الفلوجستون الذي اعتقد العلماء إنه كان موجودًا في الرصاص وتمّ إطلاقه من خلال عملية الاحتراق، يجب أنْ يكون له وزن سلبي - أي إنه يجعل كل مادة تحتويه أخف من المواد التي لا تحتوي عليه. عندما تحترق معظم الأشياء، يكون ناتج الاحتراق عبارة عن غازات يصعب جمعها ووزنها. عند

حرق غصن خشبي، على سبيل المثال، فإنه يمكن رؤية ما ينتج عنه بسهولة وهو الرماد الذي يكون أخف بكثير من الغصن الأصلي؛ للحصول على الوزن الإجمالي للناتج، يتعين جمع الغازات المنبعثة ووزنها وإضافتها.

حسب مخطط بريستلي فان الفلوجستون، يمثل ما نسميه اليوم بالأوكسجين، إلّا أنه كان يمتلك الخصائص المعاكسة تماماً! بالنسبة لبريستلي، فإن الأشياء عندما تحترق، تفقد الفلوجستين، وتصبح أخف وزناً؛ بينما نقول نحن إنها تتحد مع الأوكسجين، ونحن نعرف الآن إن الأشياء تصبح أثقل عندما يحدث هذا. عندما تذوي الشمعة في حاوية مغلقة، أو إذا مات فأر أو طائر بعد أنْ يحتجزا داخل حاوية مغلقة تحتوي على الهواء العادي، وكان بريستلي يقول إن السبب في ذلك يعود إلى تشبع الهواء بالفلوجستين.

بينما نعلم في وقتنا الحاضر إن سبب ذلك هو:

نفاد الأوكسجين. وهذا يثبت لنا إنه من الممكن إجراء تجارب دقيقة للغاية، وأخذ قياسات دقيقة، ولكن شرح النتائج يكون بطرق مختلفة للغاية.

لا يزال الرجل الذي أطلق على الأوكسجين هذا الاسم يعرف بـ (أبو الكيمياء الحديثة). واجه أنطوان لوران لافوازييه (1743 – 1794) موتاً عنيفاً أثناء الثورة الفرنسية. تم القبض عليه وحكم عليه بالإعدام بالمقصلة، ليس لأنه كان كيميائياً، بل لأنه كان (مزارعاً يستحصل الضرائب). في فرنسا ما قبل الثورة، كان بوسع الرجال الأغنياء دفع رسوم للدولة لكي يصبحوا جامعين

للضرائب، ومن ثم يحتفظون لأنفسهم بما أمكنهم جمعه. كان هذا النظام فاسدًا، ولكن لا يوجد دليل على أن لافوازييه أساء استخدامه في الواقع، فإنه أمضى الكثير من وقته قبل الثورة في القيام بأبحاث علمية وتقنية مهمة للدولة، حيث قام بالتحقيق في عدد من القضايا المهمة في مجال التصنيع والزراعة ولكن لأنه كان أرستقراطيا ذلك، كان زعماء الثورة يكرهونه ويكرهون طبقته، وقد دفع ثمن.

ومثل بريستلي وكافنديش والكيميائيين الهوائيين الآخرين، كان لافوازييه تجريبيًا متحمسًا، وكانت زوجته تساعده. في الواقع كانت السيدة لافوازييه شخصية علمية مهمة تزوجت ماري آن بيريت بوليتز (1758 – 1836) من لافوازييه عندما كان عمرها أربعة عشر عاما فقط (كان لافوازييه في الثامنة والعشرين)، وعملا معًا في المختبر، وأجريا التجارب، وكانا يقومان بالقراءات ويسجلان النتائج. إضافةً إلى ذلك، كانت السيدة لافوازييه مضيفة ساحرة. وكانت تستقبل هي وزوجها الرجال والنساء من بين صفوف المتعلمين الذين كانوا يناقشون آخر التطورات في العلوم والتكنولوجيا. كان زواجًا سعيدًا بين شركاء حقيقيين.

عندما كان لافوازييه طالبًا في المدرسة، كان يحب العلوم. كان عقله الحاد وطموحه العلمي واضحين منذ سن مبكرة. ومثل معظم الطلاب الذين درسوا الكيمياء آنذاك، نشأ مع فكرة الفلوجستون، لكنه كشف عددًا من العيوب المنطقية والتجريبية

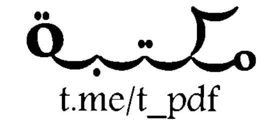
فيها. كان لافوازييه مصممًا على اقتناء أفضل الأجهزة المتوفرة. ابتكر هو وزوجته معدات مختبرية جديدة، وكانت غايتهما دائمًا هو تحسين دقة التجارب الكيميائية. واستخدم مقاييس دقيقة للغاية في وزن المواد التي تدخل في التجارب التي كان يقوم بها. أقنعته عدة أنواع مختلفة من التجارب إنه عندما تحترق الأشياء، يزداد الوزن الكلي لجميع منتجاتها. وهذا ينطوي على جمع ووزن الغازات التي ينتجها الاحتراق.

استمر لافوازييه أيضًا في البحث فيما يحدث عندما نتنفس نحن (والحيوانات الأخرى). وقد أكدت له هذه التجارب أن المادة الداخلة أثناء الاحتراق والتنفس هي عنصر مفرد وحقيقي وليست نوعًا ما من المواد مثل الفلوجستون. يبدو أن هذا العنصر ضروري أيضًا لتشكيل الأحماض. كانت التفاعلات الكيميائية للأحماض والقلويات التي تسمى في بعض الأحيان باسم (القواعد) قد سحرت الكيميائيين لفترة طويلة. هل تتذكر اختراع روبرت بويل لورقة عباد الشمس؟ استمر لافوازييه في العمل على هذا المسار. وفي الواقع، كان يعتقد أن الأوكسجين الذي يعني (مكون حامضي) مهم جدًا في الأحماض التي كانت تحتوي دائمًا على هذا العنصر. نحن نعلم الآن أن هذا غير صحيح (حمض الهيدروكلوريك، أحد أقوى الأحماض، يحتوي على الهيدروجين والكلور، ولكن لا بوجد فيه أوكسجين). ومع ذلك، فإن الكثير مما قاله لافوازييه عن الأوكسجين ما يزال جزءًا من معرفتنا في الوقت الحاضر. نحن نعلم الآن إنه العنصر

الضروري لحرق الأشياء، أو بالنسبة لنا للتنفس، وأن هاتين العمليتين اللتين تبدوان مختلفتين تشتركان في الكثير من الأمور. يستخدم البشر الأوكسجين (لحرق)، أومعالجة، السكريات وغيرها من الأشياء التي نأكلها، ولتزويد أجسامنا بالطاقة اللازمة للقيام بوظائفنا اليومية.

استمر لافوازييه وزوجته في تجاربهما الكيميائية خلال الثمانينيات من القرن الثامن عشر، وفي عام 1789، عشية الثورة الفرنسية، نشر لافوازييه أشهر كتاب له. كان عنوانه باللغة الإنكليزية هو عناصر الكيمياء، فقط هكذا. وهو أول كتاب حديث عن الموضوع، مليء بالمعلومات عن التجارب والمعدات، ويحتوي على تأملاته حول طبيعة العنصر الكيميائي. نحن نطلق الآن اسم العنصر على بعض المواد التي لا يمكن تفكيكها من خلال التجارب الكيميائية. أما المركب فهو مزيج من العناصر التي يمكن تحليلها، إذا ما اجريت التجربة بصورة صحيحة. لذا فان الماء هو مركب يتكون من عنصرين هما الهيدروجين والأوكسجين. كان هذا التمييز هو جوهر كتاب لافوازييه المهم. لم تحتوِ قائمة العناصر أو (المواد البسيطة) في الكتاب على جميع العناصر التي يعرفها الكيميائيون الآن، حيث لم يتم اكتشاف الكثير منها بعد. وكانت تشمل أشياء مدهشة مثل الضوء والحرارة. لكن لافوازييه وضع الإطار الأساس لفهم الفرق بين العنصر والمركب.

وبنفس القدر من الأهمية كان إيمانه أن لغة الكيمياء يجب أنْ تكون دقيقة. قام لافوازييه مع عدد من الزملاء، بإصلاح اللغة المستخدمة في موضوعه، مما يدل على أن القيام بعمل علمي جيد يتطلّب الدقة في استخدام الكلمات. (كان لينيوس يوافق على ذلك). كان الكيميائيون بحاجة إلى أنْ يكونوا قادرين على الإشارة إلى المركبات والعناصر التي كانوا يختبرونها، لكي يعرف أي كيميائي آخر، في أي مكان في العالم، إنهم يتعاملون مع نفس الأشياء بالضبط. وقد كتب لافوازييه قائلاً: «نحن نفكر فقط من خلال وسيط هو الكلمات» بعد لافوازييه، أصبح للكيميائيين بشكل متنامٍ لغة مشتركة.



الفصل الحادي والعشرون



الأجزاء الصغيرة من المادة

اعتادت الذرات على أنْ تكون لها سمعة سيئة للغاية. هل تذكرون الإغريق القدماء ومفهومهم عن الذرات كونها شيء طارئ على الكون وليس له معنى؟ إذن، ماذا تمثل لنا اليوم حينما أصبح وجود الذرات أمرًا طبيعيًا للغاية؟

كان مفهوم (الذرة) الحديث أصلاً من أفكار الرجل المبجل جون دالتون (1766 – 1844) وكانت عائلته من طائفة الكويكرز (و، هي مجموعة من المسيحيين البروتستانت نشأت في القرن السابع عشر في إنكلترا على يد جورج فوكس وقد اعتبرتهم كنيسة انكلترا من المعارضين لها) ذهب ابن الحائك إلى مدرسة جيدة بالقرب من مكان ميلاده في منطقة ليك ديستريكت الإنكليزية. كان ماهرًا بشكل خاص في الرياضيات والعلوم، وشجعه عالم

رياضيات أعمى شهير على تحقيق طموحاته العلمية. استقر دالتون في مدينة مانشستر القريبة، وهي بلدة مزدهرة وسريعة النمو خلال الثورة الصناعية المبكرة، عندما بدأت المصانع تهيمن على صناعة جميع أنواع السلع. عمل هناك كمحاضر ومدرس خاص. كان أول شخص يتحدث عن موضوع عمى الألوان، بناءً على معاناته الخاصة. كان عمى الألوان يسمى لسنوات عديدة، (دالتونية). إذا كنت تعرف شخصًا مصابًا بعمى الألوان، فمن المحتمل إنه صبي، نظرًا لأن الفتيات نادرًا ما يعانين منه.

شعر دالتون بالراحة وسط مجتمع مانشستر الأدبي والفلسفي. أصبح أعضاؤها النشطون نوعًا من العائلة الواسعة لهذا الرجل الخجول الذي لم يتزوج قط. كانت جمعية (ليت وفيل) واحدة من العديد من الجمعيات المماثلة التي تأسست منذ أواخر القرن الثامن عشر في البلدات والمدن في جميع أنحاء أوروبا وأميركا الشمالية. كان بنجامين فرانكلين، وهو كهربائي، أحد مؤسسي الجمعية الفلسفية الأميركية في فيلادلفيا. وكانت هناك جمعية (الفلسفة الطبيعية)، وهو بطبيعة الحال، ما نسميه الآن (بالعلم). وتذكّرنا كلمة (الأدبي) في اسم جمعية مانشستر بأن العلم لم ينفصل بعد عن مجالات النشاط الفكري الأخرى؛ كان الأعضاء يتجمعون لسماع الأحاديث حول جميع أنواع الموضوعات، من مسرحيات شكسبير إلى علم الآثار إلى الكيمياء. إن عصر التخصص، عندما يتحدث الكيميائيون في الغالب إلى كيميائيين آخرين، أويتحدث

الفيزيائيون فقط لفيزيائيين آخرين، كان يكمن في المستقبل. كم هو مثير أنْ يكون نطاقه واسعًا جدا هكذا!

كان دالتون علامة مضيئة في الحياة العلمية لمانشستر، وقد تمّ تقدير أعماله بشكل تدريجي في جميع أنحاء أوروبا وأميركا الشمالية. قام بعمل تجريبي مهم في الكيمياء، ولكن سمعته آنذاك، جاءت من أفكاره عن الكيمياء الذرية. وقد أثبت الكيميائيون الأوائل إنه عندما تتفاعل المواد الكيميائية مع بعضها البعض، فإنها تفعل ذلك بطرق يمكن التنبؤ بها. عندما (يحترق) الهيدروجين في الهواء العادي (وجزء منه هو الأوكسجين)، يكون الناتج دائمًا ماءً، وإذا قمت بقياس الأشياء بعناية، يمكنك أنْ ترى إن نسب الغازين التي تتجمع لتكوين الماء هي نفسها دائمًا. (لا تجرب هذا في المنزل، لأن الهيدروجين يشتعل بسهولة، ويمكن أنْ ينفجر) هذا النوع ذاته من الانتظام يحدث أيضًا في تجارب كيميائية أخرى مع الغازات والسوائل والمواد الصلبة. لماذا؟

بالنسبة إلى لافوازييه، الذي عاش قبل قرن مضى، كان سبب ذلك هو أن العناصر كانت الوحدات الأساسية للمادة ولا يمكن تجزئتها ببساطة إلى أجزاء أصغر. أطلق دالتون على أصغر وحدة في المادة تسمية (الذرة). وأصرّ على أن ذرات العنصر الواحد متشابهة، ولكنها تختلف عن ذرات العناصر الأخرى. كان يتصوّر الذرات قِطعًا صلبة صغيرة جدًا من المادة، محاطة بالحرارة. أسهمت الحرارة المحيطة بالذرة في مساعدته شرح كيف يمكن لذرات صُنع مركبات عند اتحادها مع ذرات أخرى وأن

توجد في أوضاع وحالات مختلفة. على سبيل المثال، يمكن أن توجد ذرات الهيدروجين والأوكسجين على شكل جليد صلب (عندما تكون في درجة حرارة منخفضة للغاية)، أو على شكل ماء سائل، أو بخار ماء (عندما تكتسب معظم الحرارة) صنع دالتون نماذج لقطع صغيرة من الورق المقوى تمثل ذراته. قام بتعليم قصاصات الورق المقوى تلك بالرموز، لتوفير المساحة (والوقت) عند كتابة أسماء المركبات وتفاعلاتها (كما لو كان يرسل رسالة نصية حديثة). في البداية كان نظامه مرهقًا للغاية بحيث لا يمكن استخدامه بسهولة، ولكنه كان فكرة صحيحة، لذلك قرر الكيميائيون تدريجيًا استخدام الأحرف الأولى كرموز للعناصر وفيما بعد لذرات دالتون والكاربون C والأوكسجين O لذلك أصبح رمز الهيدروجين H في بعض الأحيان، كان يجب إضافة حرف آخر لتجنب الارتباك على سبيل المثال، عندما تم اكتشاف الهيليوم في وقت لاحق، لم يكن من الممكن أن يكون رمزه H لذلك H يصبح (He).

يكمن جمال نظرية دالتون الذرية في أنها سمحت للكيميائيين بمعرفة أشياء حول أجزاء من المادة لا يمكنهم رؤيتها في الواقع. إذا كانت جميع الذرات الموجودة في أحد العناصر متماثلة، فلا بد أنْ تكون أوزانها متساوية، لذا يمكن للكيميائيين قياس وزنها مقارنةً بذرات العناصر الأخرى. وفي مركب مصنوع من أنواع مختلفة من الذرات، يمكنهم قياس مقدار كل ذرة موجودة في المركب، بالوزن النسبي. (لم يكن باستطاعة دالتون قياس مدى

وزن ذرة فردية، لذا قورنت الأوزان الذرية فقط مع أوزان الذرات الأخرى) كان دالتون رائدًا هنا، ولم يكن دائمًا على صواب. على سبيل المثال، عندما يتحد الأوكسجين والهيدروجين لتكوين الماء، افترض أن ذرة واحدة من الهيدروجين كانت متحدة مع ذرة واحدة من الأوكسجين. واستنادًا إلى قياسه الدقيق، أعطى الوزن الذري للهيدروجين الرقم 1 (كان الهيدروجين هو أخف عنصر معروف)، والوزن الذري للأوكسجين الرقم 7، لذلك قال إن نسبة الوزن لديهم هي 1 إلى 7، أو 1: 7. كان دائمًا يقرب أوزانه الذرية إلى الأعداد الصحيحة، وتبين أن الأوزان المقارنة التي كان يعمل بها كانت صحيحة. في الواقع، فإن نسب الوزن في الماء هي مماثلة كثيرًا لنسبة 1: 8. نحن نعلم الآن أيضًا أن هناك ذرتين من الهيدروجين في كل جزيء من الماء، وبالتالي فإن نسبة الأوزان الذرية هي في الواقع 1: 16 – واحدة من الهيدروجين إلى ستة عشر من الأوكسجين. الوزن الذري الحالي للأوكسجين هو 16. واحتفظ الهيدروجين بالوزن السحري 1 والذي منحه إياه دالتون. الهيدروجين ليس فقط أخف ذرة، بل هو الأكثر شيوعًا في الكون.

شرحت نظرية دالتون الذرية طبيعة التفاعلات الكيميائية، من خلال تبيانها كيف تتحد العناصر أو الذرات بنسب محددة. لذا، فإن الهيدروجين والأوكسجين يقومان بذلك عند تكوين الماء، والكربون والأوكسجين عند تكوين ثاني أوكسيد الكربون، والنيتروجين والهيدروجين عند تكوين الأمونيوم. مثل هذا

الإتساق والانتظام، إضافة إلى استخدام أدوات للقياس أصبحت على نحو متزايد عالية الدقة، جعلت من الكيمياء من أحدث العلوم في أوائل القرن التاسع عشر. والتي وضعت أسسها نظرية دالتون الذرية.

شغل همفري ديفي (1778 – 1829) مكانًا مركزيًا له في هذه الكيمياء. وبينما كان دالتون شخصًا هادئًا، كان ديفي متوهجًا وذا طموحات اجتماعية. وهو مثل دالتون، انحدر من الطبقة العاملة، وذهب إلى مدرسة محلية جيدة في كورنوال. كان محظوظًا أيضًا. تلقى تدريبه على يد طبيب في مكان مجاور كان واجبه تدريب ديفي ليتخصص في طب الأسرة. بدلًا من ذلك، استخدم ديفي الكتب التي يملكها أستاذه لتعليم نفسه الكيمياء (واللغات الأجنبية). ثم انتقل إلى بريستول، ليصبح مساعد طبيب في مؤسسة طبية خاصة تستخدم الغازات المختلفة لعلاج المرضى. أثناء وجوده هناك، جرّب ديفي أوكسيد النيتروز – الذي يسمى (الغاز المُضحِك) لأنه عندما تتنفسه، يجعلك ترغب في الضحك. تسبب كتاب ديفي عن الغاز، الذي نشر في عام 1800، في إحداث ضجة، لأن أوكسيد النيتروز أصبح (عقارًا ترويحيًا) وباتت الحفلات التي يستخدم فيها أوكسيد النيتروز تمثل آخر الصرعات في ذلك الوقت. كما أشار ديفي إلى أنه بعد تنفس الغاز، لا يشعر الإنسان بالألم، واقترح إنه قد يكون مفيدًا في الطب. استغرق الأمر أربعين عامًا قبل أنْ يأخذ الأطباء بمقترحه، وما زال الغاز يستخدم أحيانًا كمخدر في طب الأسنان والطب الحديث.

كانت مدينة لندن العظيمة وحدها هي التي يمكن أنْ تلبي طموحات ديفي. وحصل على فرصته ليصبح محاضرًا في الكيمياء في المعهد الملكي، وهي منظمة تهدف إلى نشر العلم بين أبناء الطبقة الوسطى. وقد ازدهرت عروض ديفي هناك. كانت محاضراته حول الكيمياء تجتذب حشودًا كبيرة - غالبًا ما كان الناس يذهبون إلى محاضراته من أجل المتعة والتعلم. أصبح ديفي أستاذًا في المؤسسة، وازدهرت أبحاثه. إلى جانب الكيميائيين الآخرين، واكتشف الاستخدام الكيميائي لمكدّس فولتا للكهربائية، والذي مثل أول بطارية عرفها الناس. فقام بإذابة المادة المركبة التي تكون البطارية في سائل ليتكون لديه محلول ثم استخدم مكدّس البطارية لتمرير تيار كهربائي من خلاله، وتحليل ما يحدث. ما رآه هو أن في العديد من المحاليل، تنجذب العناصر والمركبات إلى النهايات السالبة أو الموجبة (الأقطاب) للمكدّس أو القضيب، اكتشف ديفي العديد من العناصر الجديدة بهذه الطريقة: على سبيل المثال عنصري الصوديوم والبوتاسيوم، اللذين تجمعا حول القطب السالب. الصوديوم هو جزء من مركب كلوريد الصوديوم، وهي المادة التي تجعل المحيطات مالحة، والتي نرشها على طعامنا. اعتاد ديفي على إنه بمجرد أنْ يكتشف عنصرًا جديدًا، يهرع إلى إجراء التجارب عليه، ويعمل على تحديد أوزانه النسبية.

غيّر مكدّس فولتا، بأقطابه الموجبة والسالبة، أيضًا من طريقة تفكير الكيميائيين في الذرات والمركبات الكيميائية. فكانت

الأشياء ذات الشحنة الموجبة تنجذب نحو القطب السالب، وذات الشحنة السالبة تنجذب نحو القطب الموجب. وساعد هذا في تفسير سبب احتواء العناصر على ميول طبيعية للاتحاد مع بعضها البعض. لقد جعل الكيميائي السويدي يونس جاكوب برزيليوس (1779 – 1848) هذه الحقيقة محورية في نظريته الشهيرة عن التركيب الكيميائي. نجا برزيليوس من طفولة صعبة. توفّي والديه عندما كان صغيرًا وتربى على يد العديد من أقاربه. لكنه عاش ليصبح واحدًا من أكثر الكيميائيين تأثيرًا في أوروبا. لقد اكتشف متعة البحث الكيميائي عندما كان يتدرب ليكون طبيبًا، واستطاع أنْ يعمل كيميائيًا في العاصمة السويدية، ستوكهولم، حيث عاش. كان يسافر كثيرًا أيضًا، وخصوصًا إلى باريس ولندن – وهي أماكن مثيرة لمن يعمل في الكيمياء.

ومثلما فعل ديفي، استخدم برزيليوس مكدّس فولتا لمراقبة سلوك المركبات وسط المحاليل. اكتشف العديد من العناصر الجديدة بهذه الطريقة، ونشر قوائم بها مع أوزان ذرية لها أكثر دقة من أي وقت مضى. عمل على تحليل الأوزان من خلال تحليل الأوزان النسبية للمواد التي تجمع بين مكونات جديدة أو عن طريق تحليل المركبات ثم قياس النواتج بعناية. احتوى جدوله الكيميائي لعام 1818 على الأوزان الذرية لأربعة وأربعين عنصرًا، مع بقاء الهيدروجين في مستوى 1. كما إنه أعطى التركيبات المعروفة لأكثر من 2000 مركّب. لقد كان بيرزيليوس هو من قام بترويج العرف الذي أوجده دالتون في تسمية العناصر بواسطة

الحرف الأول أو الحرفين الأوليين من أسمائها: للكربون C، للكالسيوم Ca وهكذا.

وهذا جعل لغة التفاعلات الكيميائية أسهل عند القراءة عندما تحتوي المركبات على أكثر من ذرة لعنصر فيها، أشار إليها برقم يتبع الحرف. وضع برزيليوس الرقم أعلى الحرف، لكن العلماء يضعوه الآن في الأسفل: O2 تعني أن هناك ذرتين من الأوكسجين وبصرف النظر عن ذلك، فإنه كتب أغلب الصيغ الكيميائية التي نستخدمها اليوم.

كان برزيليوس متمكنًا أكثر مع المركبات غير العضوية عنه مع المركبات العضوية. المركبات العضوية هي تلك التي تحتوي على الكربون وترتبط بالأشياء الحية: السكريات والبروتينات هما مثالان عليها. تكون المركبات العضوية في الغالب أكثر تعقيدًا كيميائيًا من المركبات غير العضوية، وتميل إلى التفاعل بطرق مختلفة عن الأحماض والأملاح والمعادن التي كان بيرزيليوس يخضع معظمها للفحص. اعتقد برزيليوس إن التفاعلات التي تحدث في أجسادنا (أو تلك التي تحدث في الكائنات الحية الأخرى مثل الأشجار والأبقار) لا يمكن تفسيرها بنفس الطريقة التي تحدث بها في المختبر. كان يجري تطوير الكيمياء العضوية خلال حياته في فرنسا وألمانيا، وعلى الرغم من أنه نأى بنفسه عن هؤلاء الكيميائيين، فقد ساهم في أبحاثهم. أولًا، أوجد كلمة (البروتين) لوصف واحد من أهم أنواع المركبات العضوية. وثانيًا، أدرك أن العديد من التفاعلات الكيميائية لن تحدث ما لم يكن هناك مادة

ثالثة موجودة. ووصف هذا الشيء الثالث بأنه (مادة محفِزة). تساعد على حدوث التفاعل في كثير من الأحيان عن طريق تسريعه - لكنها لا تتغير في الواقع خلال التفاعل، على عكس المواد الكيميائية الأخرى التي اتحدت أو انفصلت. توجد المواد المحفِزة في جميع أنحاء الطبيعة، ومحاولة فهم كيفية عملها كان هدف العديد من الكيميائيين منذ زمن برزيليوس.

في مكان آخر في أوروبا، كانت (الذرات) تساعد الكيميائيين على فهم عملهم. فما يزال هناك الكثير من الألغاز، ولكن. في عام 1811، في إيطاليا، أدلى الفيزيائي أميديو أفوغادرو (1776 - 1856) ببيان جريء. وقد كان جريئًا لدرجة أنه تم إهماله من قبل الكيميائيين لما يقرب من أربعين عامًا. حيث أعلن أن عدد جسيمات أي غاز في حجم ثابت وفي نفس درجة الحرارة يكون ثابتًا دائمًا. (فرضية أفوغادرو)، كما أصبح يطلق عليها، وكانت لها نتائج مهمة. وهذا يعني أنه يمكن حساب الأوزان الجزيئية للغازات مباشرة، باستخدام صيغة قام بابتكارها. ساعدت فكرته، أو فرضيته، على تعديل نظرية دالتون الذرية، لأنها فسّرت خاصية كانت تثير التساؤل لأحد أكثر الغازات التي كانت تخضع للبحث وهو، بخار الماء. لطالما احتار الكيميائيون في سبب عدم تساوي حجم الهيدروجين والأوكسجين في كمية معينة من بخار الماء، إذا افترضنا وجود ذرة واحدة من الهيدروجين وواحدة من الأوكسجين تتحد لتكوين جزيئة من الماء. اتضح أن هناك ذرتين من الهيدروجين لكل ذرة من الأوكسجين في بخار

الماء. اكتشف الكيميائيون أن العديد من الغازات، بما في ذلك الهيدروجين والأوكسجين، موجودة في الطبيعة ليس كذرات منفردة ولكن كجزيئات، أي أن ذرتين أو أكثر تتحدان معًا H_2 وO_2 كما سبق وقلنا لا تبدو أفكار أفوغادرو منطقية إذا كنت تؤمن بنظرية دالتون الذرية، وفكرة برزيليوس عن ذرات العناصر التي لها خصائص سلبية أو إيجابية محددة. كيف يمكن أنْ ترتبط ذرتي أوكسجين سوية وهن يحملن شحنة سالبة وجود هذه المشاكل تعني أن عمل افوغادرو قد تمّ إهماله لفترة طويلة. ولكن فيما بعد وبعد مرور وقت طويل، بات عمله منطقيًا لفهم الكثير من الألغاز الكيميائية، وأصبح الآن مفيدًا لفهمنا للذرة الكيميائية. غالبًا ما يكون العلم على هذا النحو: جميع الأجزاء تنسجم مع بعضها فقط بعد مرور وقت طويل، ثم تبدأ الأشياء تصبح منطقية ومعقولة.

الفصل الثاني والعشرون



مجالات وحقول القوى والمغناطيسية

ساعدت نظرية دالتون الذرية في خلق الكيمياء الحديثة، ولكن كانت هناك طرق أخرى للنظر إلى الذرات. كبداية، يمكن للذرات أنْ تفعل أكثر بكثير من مجرد اتحادها لتكوين المركبات. الذرات لا تدخل ببساطة في التفاعلات الكيميائية. استخدم كل من ديفي وبرزيليوس بذكاء حقيقة أن ذرات المحلول يمكن أنْ تنجذب إلى الأقطاب الموجبة أو السالبة إذا تمّ تمرير تيار كهربائي من خلال المحلول: والذرات هي جزء من (الكهرباء) أيضًا، إذن لماذا يذهب الصوديوم في محلول مياه البحر إلى القطب السالب، والكلور إلى القطب الموجب؟

كانت مثل هذه الأسئلة موضع نقاش ساخن في أوائل القرن التاسع عشر كان مايكل فاراداي (1791 – 1867). واحد من

كبار الباحثين في هذا المجال كان فاراداي رجلاً رائعًا. ولد في عائلة عادية، حصل فقط على التعليم الأساس. وأمضى شبابه في تعلم تجليد الكتب، لكنه اكتشف العلم وقضى وقت فراغه في قراءة أي شيء يمكن أنْ يجده عن العلم. أطلق كتاب أطفال مشهور عن الكيمياء العنان لخياله، وقدم له أحد زبائن محل تجليد الكتب الذي كان يعمل فيه تذكرة لحضور محاضرة يلقيها همفري ديفي في المعهد الملكي. استمع فاراداي إلى المحاضرة منتشيًا ودوّن ملاحظاته بعناية بخط يده الأنيق. وحرص على أن يطلع ديفي على ملاحظاته إ، الذي أبدى إعجابه بدقتها، لكنه أخبر فاراداي بعدم وجود وظائف شاغرة في المجال العلمي، ونصحه بأن العمل في تجليد الكتب هو أفضل خيار لرجل يحتاج إلى كسب الرزق.

بعد ذلك بوقت قصير، تمت إقالة شخص يعمل بوظيفة مساعد مختبر في المعهد الملكي، وعرض ديفي على فاراداي الوظيفة. الذي مكث فيها بقية حياته، مما وفر له وظيفة ذات دخل جيد وسمعة ممتازة. قضى فاراداي أيامه الأولى في المؤسسة يعمل في حل المشاكل الكيميائية التي كانت تواجه ديفي. تفوّق فاراداي في عمله في المختبر، لكنه استمر في القراءة عن مشاكل علمية أكثر عمومية. كان عضوًا متدينًا في مجموعة معينة من البروتستانت. وكان يخصص العديد من ساعات يومه للقيام بواجباته الدينية، وكان إيمانه الديني هو الموجّه لأبحاثه العلمية. وبكل بساطة،

كان يعتقد إن الله قد خلق الكون على هذه الشاكلة، ولكن البشر قادرون على فهم ذلك بالشكل الذي يلائمهم جميعًا.

بعد وقت قصير من انضمام فاراداي إلى المعهد الملكي، ذهب ديفي وزوجته الجديدة في جولة في أوروبا، وأخذوا فاراداي معهم. كانت زوجة ديفي الأرستقراطية تعامل فاراداي كخادم لديها، لكن جولة الثمانية عشر شهرًا سمحت لفاراداي الالتقاء بالعديد من الشخصيات العلمية الرائدة في أوروبا. وعند عودته إلى لندن، واصل فاراداي وديفي العمل على العديد من المشاكل العملية: ما الذي يتسبب في حدوث انفجارات في المناجم؛ كيف يمكن تحسين قاع السفن المصنوع من النحاس؛ ما هي الخصائص البصرية للزجاج؟ وبينما أصبح ديفي مهتمًا أكثر فأكثر بالعلوم الاجتماعية، أصبح فاراداي على نحو متزايد مستقلاً بذاته، مما حوّل اهتمامه إلى العلاقة بين الكهرباء والمغناطيسية.

في عام 1820، اكتشف الفيزيائي الدنماركي هانز كريستيان أورستد (1777 - 1851) الكهرومغناطيسية: التأثير الذي يحدث في التيار الكهربائي ويجعله يخلق (حقلاً مغناطيسيًا). كانت المغناطيسية معروفة منذ فترة طويلة، وظلت البوصلة، بإبرتها الحديدية التي تشير دائمًا إلى الشمال، أداة مفيدة. استخدم الملاحون البوصلات قبل فترة طويلة من اكتشاف كولومبوس لأميركا وكان الفلاسفة الطبيعيون حائرين في السبب الذي يمكن أنْ يكون وراء كون بعض المواد فقط (مثل الحديد) ممغنطة. في حين

أن معظم المواد ليست كذلك. وحقيقة أن البوصلة تشير دائمًا إلى نفس الاتجاه تعني أن الأرض نفسها تعمل كمغناطيس ضخم.

خلقت الكهرومغناطيسية لدى أورستد موجة من الاهتمام العلمي، وقبل فاراداي التحدي. في أيلول من عام 1821، ابتكر أحد أشهر التجارب في التاريخ العلمي. فعندما كان يعمل مع إبرة مغناطيسية صغيرة، رأى أن الإبرة تستمر في الدوران إذا كانت محاطة بأسلاك تحمل تيارًا كهربائيًا. فعندما كانت الكهرباء تتدفق عبر السلك الملفوف، كانت تخلق مجالاً مغناطيسيًا كانت الإبرة تنجذب إليه باستمرار – فتظل تدور وتدور حوله. كان هذا نتيجة لما أطلق عليه فاراداي (خطوط القوة)، وقد أدرك حينها مدى أهميتها. ما فعله، لأول مرة، هو تحويل الطاقة الكهربائية (الكهرباء) إلى طاقة ميكانيكية (حركة أو قوة الإبرة الدوارة). لقد اخترع مبدأ جميع محركاتنا الكهربائية. فهي أيضًا تقوم بتحويل الكهرباء إلى قوة ميكانيكية، كما في الغسالات، ومشغلات الأقراص المضغوطة أو المكانس الكهربائية.

استمر فاراداي بالعمل مع الكهرباء والمغناطيسية خلال الثلاثين سنة التالية. كان واحدًا من التجريبين الأكثر موهبة الذين عاشوا في أي زمان: يخطط لعمله بشكل مدروس ويحرص على تنفيذه. لم يدرج الرياضيات ضمن منهاج تعليمه الذاتي، لذا فإن مقالاته العلمية كثيرا ما كانت تشبه دفاتر ملاحظاته المختبرية: فهي تحتوي على وصف مفصل لمعداته، وما فعله وما لاحظه. أضف إلى ذلك إن أعماله ساعدت العلماء على فهم دور الشحنات

الكهربائية في التفاعلات الكيميائية. وبحلول أوائل ثلاثينيات القرن التاسع عشر، كان قد أضاف المولد الكهربائي والمحولة الكهربائية إلى قائمة اختراعاته. فقد صنع مولده الكهربائي عن طريق تحريك مغناطيس دائم داخل وخارج السلك الملفوف، مما يولد تيارًا كهربائيًا. وعند صنع محولته قام بتمرير تيار كهربائي من خلال لفّ سلك حول حلقة حديدية، مما تسبب في توليد تيار كهربائي قصير في سلك آخر، ملفوف حول الوجه المعاكس للحلقة. كان فارادي يعرف إن هذه التجارب كانت غير ناضجة، لكنه كان يعرف أيضًا إنه يعمل على موضوع غاية في الأهمية. ومن نافل القول إن العلاقة بين الكهرباء والمغناطيسية، وتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية، تقود حرفيًا عالمنا المعاصر.

حافظ فارادي على اهتماماته العلمية الواسعة، وأمضى الكثير من الوقت عضوًا في لجان علمية وإدارة المؤسسة الملكية. وهو من ابتكر إقامة محاضرات عيد الميلاد الخاصة بالمؤسسة، والتي ما تزال تحظى بشعبية كبيرة حتى اليوم - ربما تكون قد شاهدت واحدة منها على شاشة التلفزيون -. لكن الكهرباء والمغناطيسية ظلت حبه الرئيس. ترك لنا شغفه بهما عددًا من المفردات الجديدة والعديد من التطبيقات المفيدة. حتى أنه كان يؤلف النكات عن اختراعاته. عندما سئل من قبل أحد السياسيين عن القيمة العملية للكهرباء، حيث أجابه قائلاً: لماذا تسأل هذا السؤال يا سيدي، هناك احتمال كبير أنْ تكونوا قريبًا قادرين على فرض الضرائب على استهلاكها ظهر تغير عالمي آخر عبر المحيط الأطلسي،

كثمرة للاهتمام الكبير بالكهرباء والمغناطيسية: انه التلغراف الكهربائي. بدأ إرسال الإشارات عبر الأسلاك الكهربائية في أوائل القرن التاسع عشر، لكن الأميركي صامويل مورس (1792 - 1872) طور أول تلغراف يبعث الرسائل لمسافات طويلة. في عام 1844 أرسل رسالة عبر 60 كم (باستخدام شفرة مورس التي سميت على اسمه) من واشنطن العاصمة إلى بالتيمور. سرعان ما تطوّرت الاتصالات البرقية في جميع أنحاء العالم، واستخدمها البريطانيون لربط المواقع الأمامية في إمبراطوريتهم الشاسعة. أصبح من الممكن الآن للأشخاص التواصل بسرعة مع بعضهم البعض، والإبلاغ عن الأخبار بعد وقت قصير من حدوثها.

جاء فارادي بفكرة المجال أو الحقل لشرح سبب امتلاك الكهرباء والمغناطيسية خصائصها المذهلة هذه. استخدم تعبير الحقول (مجالات التأثير) من قبل العلماء من قبل، عند محاولتهم شرح أسرار التفاعلات الكيميائية، والكهرباء والمغناطيسية، والضوء والجاذبية. كانت هذه الأشياء تحدث، حسب اعتقادهم، في فضاء أو مجال معين، مثلما تتم ممارسة ألعاب مختلفة في ملعب أو أستاد أو ميدان. جعل فارادي من هذه الفكرة أمرًا مركزيًا في شروحاته عن الكهرباء والمغناطيسية، مجادلاً إن المهم هو قياس مجال النشاط بدلاً من الانشغال كثيرًا حول ما إذا كانت الكهرباء، والضوء أو المغناطيسية موجودة حقًا في الواقع. لكن يمكن أنْ تظهر قوة الحقل الكهربائي أثناء التجارب.

لم يكن فاراداي يؤمن أن شيئًا مثل الجاذبية يمكن أنْ يمارس تأثيره في فراغ. حل فاراداي هذا الأمر بافتراض أنه لا يوجد شيء اسمه الفراغ المطلق بدلاً من ذلك، فقد جادل بالقول، إنه يتم ملء الفضاء بمادة نقية جدًا كانت تسمى (الأثير). هذا الأثير (لا علاقة له بالأثير، الغاز المخدر) جعل من الممكن للفيزيائيين والكيميائيين شرح الكثير من الأشياء عن طريق التأثير المباشر. وبالتالي، فإن (حقول) فاراداي الموجودة حول التيارات الكهربائية أو المغناطيسية يمكن أنْ تكون نتيجة التيار أو المغناطيس الذي يحفّز المادة النقية للغاية التي تشكّل الأثير. كان من السهل تفسير الجاذبية بهذه الطريقة أيضًا: على خلاف ذلك بدا الأمر وكأنه قوة غامضة غريبة مثل القوى السحرية للكيميائيين الأوائل، وهو أمر لا يؤمن به الكيميائيون الجدد مثل فاراداي. الأثير لم يكن شيئًا يمكن رؤيته، أو الشعور به، ولكن الفيزيائيين اعتقدوا أنه قادر على تفسير نتائج تجاربهم. في بريطانيا، استمروا في استخدام فكرة الأثير حتى أوائل القرن العشرين، عندما أظهرت التجارب إن هذه المادة غير موجودة فعلاً.

أثبت الكثير من عمل فاراداي على القوى الكهربائية والمغناطيسية أنه ذو فائدة. جمة، وتوسع الفيزيائيون في وقت لاحق في ذلك العمل وقدموا توصيفات رياضياتية أفضل للكهرباء والمغناطيسية والظواهر الكثيرة الأخرى التي يكشف عنها العالم المادي عند استكشافه. كان فاراداي آخر فيزيائي عظيم لم يستخدم الرياضيات.

كان الرجل الذي حافظ حقًا على أرث فاراداي هو جيمس كليرك ماكسويل (1831 – 1879)، وكان أحد ابناء الجيل الجديد من الفيزيائيين الرياضياتيين. وغالبًا ما كان يجري الحديث عن ماكسويل بنفس الروح التي يتم التحدّث فيها عن نيوتن وآينشتاين. كان بالتأكيد واحدًا من أكثر علماء الفيزياء إبداعًا في كل العصور. ولد في أدنبره وتلقى تعليمه هناك حتى ذهب إلى جامعة كامبردج. ثم عاد لفترة وجيزة إلى اسكتلندا لغرض التدريس، ولكن في عام 1860 ذهب إلى كلية كينغز في لندن. حيث قضى هناك بعضًا من سنواته الأغزر إنتاجية. كان قد وصف بالفعل حلقات كوكب زحل، ولكن في لندن طوّر نظرية الألوان وألتقط أول صورة فوتوغرافية ملونة. كان دائمًا مهتم بالكهرباء والمغناطيسية، وربط بينهما بقوة: بعد ماكسويل، أصبح بإمكان الفيزيائيين استخدام الرياضيات لوصف الكهرومغناطيسية. قام ماكسويل بإبتكار الأدوات والمعادلات الرياضياتية لوصف أفكار فاراداي عن هذا المجال. أظهرت معادلاته أن الحقول الكهرومغناطيسية لها خصائص تشبه الأمواج، وكان هذا اكتشافًا مهمًا جدًا في الفيزياء. وكانت هذه الموجات تنتقل بسرعة الضوء، ونحن نعرف الآن إن الضوء والطاقة من الشمس تأتي إلينا على شكل موجات كهرومغناطيسية. وفي الحقيقة، فإن ماكسويل تنبأ بكامل نطاق الموجات التي نعرفها: موجات الراديو التي تنقل البث الإذاعي، وموجات المايكروويف في مطابخنا، والموجات فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء فوق وتحت ألوان قوس

قزح، وكذلك الأشعة السينية وموجات، أو أشعة غاما. هذه الموجات هي الآن جزء من حياتنا اليومية. ومع ذلك، فإن معظم هذه الأشكال من الطاقة ما يزال يتعين اكتشافها في الوقت الذي تنبأ ماكسويل بها، لذلك لم يكن من المستغرب أن الأمر استغرق بعض الوقت حتى يتم تقدير عبقريته. ربما كان كتابه حول الكهرباء والمغناطيسية (1873) هو أهم كتاب في الفيزياء في الفترة بين ظهور كتاب المبادئ الذي ألفه نيوتن والمؤلفات التي صدرت في أوائل القرن العشرين.

في الوقت الذي كتب فيه ماكسويل هذا الكتاب، كان قد ذهب إلى كامبردج لتنظيم مختبر كافنديش (وهو قسم الفيزياء في جامعة كامبردج البريطانية)، حيث سيتم إنجاز الكثير من البحوث الهامة في الفيزياء في العقود اللاحقة. توفي ماكسويل وهو شاب عن عمر يناهز الثامنة والأربعين، ولكن ليس قبل أنْ يقوم بأبحاث أساسية حول سلوك الغازات، مستخدماً التقنيات الرياضياتية الخاصة للإحصاءات. سمح له هذا بأن يصف كيف أن الأعداد الكبيرة من الذرات في أي غاز من الغازات، التي يتحرك كل منها بسرعات مختلفة قليلاً وفي اتجاهات مختلفة، ستنتج ذات التأثيرات التي تحدثها عند درجات حرارة وضغوط مختلفة. وقام بعرض الأدوات الرياضياتية لشرح ما لاحظه روبرت بويل وروبرت هوك خلال كل تلك السنوات السابقة. كما طور ماكسويل المفهوم الأساس (لآليات التغذية العكسية): وهي العمليات التي تجري في دوائر كهربائية مغلقة،

والتي أعتبرها (المنظِمة لتلك العمليات). هذه الآليات مهمة جدًا في مجال التكنولوجيا، في تطورات القرن العشرين في الذكاء الصناعي، وفي أجهزة الكمبيوتر. كما يحدث في أجسادنا. على سبيل المثال، عندما يصبح الجو حارًا جدًا، يستشعر الجسم هذا الأمر ونتعرّق. العرق يبرد أجسامنا عندما يتبخر. أو، إذا كنا نشعر بالبرد، نرتعش، وتقوم تقلصات عضلاتنا أثناء الرعشة بإنتاج حرارة تدفِئنا. تساعد آليات ردود الفعل هذه في الحفاظ على درجة حرارة ثابتة للجسم.

كان ماكسويل يتمتع بروح الفكاهة، ومتدينًا للغاية وقريب من زوجته، التي كانت مسيطرة عليه. كانت معتادة أن تقول له في حفلات العشاء: جيمس، لقد استمتعت كثيرًا؛ حان الوقت لنذهب إلى المنزل. لحسن الحظ، إنها لم تستطع أنْ توقف شغفه بالعمل في المختبر.

الفصل الثالث والعشرون



التنقيب عن الديناصورات

عندما كنت صغيرًا جدًا، كانت تواجهني مشكلة في معرفة الفرق بين الديناصورات والتنانين، فهي غالبًا ما تبدو متشابهة في الصور، ذات أسنان ضخمة، مع فكّين قويين، وجلد متقشر وعين شريرة، وتظهر أحيانًا وهي تهاجم بعض المخلوقات الأخرى من حولها. من الواضح إن كلا النوعين من المخلوقات من النوع الذي من الأفضل تجنّبه.

مع ذلك هناك فرق كبير بين الديناصورات والتنين. جرى ذكر التنانين في الأساطير اليونانية والأساطير التي نسجت حول الملك آرثر في إنكلترا، كما إنها تظهر في مسيرات الاحتفال بالسنة الصينية الجديدة، وفي العديد من الأعمال الدرامية في تاريخ البشرية. ولكن حتى لو كانت قوتها ما تزال موجودة في القصص التي

يتم تأليفها اليوم، فقد كانت دائمًا نتاج الخيال البشري. التنانين لم تكن موجودة أبدًا في الواقع.

أما الديناصورات، فقد كانت موجودة بالفعل. وعاشت لفترة طويلة، حتى لو لم يراها البشر أبدًا. لقد كانت تعيش بأعداد كبيرة منذ حوالي 200 مليون سنة، ولدينا معلومات عنها لأنه تمّ اكتشاف المتحجرات التي تحوي عظامها كان اكتشاف هذه العظام في أوائل القرن التاسع عشر خطوة مهمة بالنسبة للعلم.

بدأ علماء الجيولوجيا الأوائل، ومن ثم الناس العاديين، يدركون إن الأرض أقدم بكثير مما كان يعتقده الناس.

تمت صياغة كلمة علم الحفريات في فرنسا في عام 1822، لإعطاء العلماء اسمًا للعلم الذي يقوم بدراسة الاحفوريات. والاحفوريات هي بقايا وآثار لأجزاء من الحيوانات والنباتات التي كانت في يوم من الأيام على قيد الحياة، ولكن ومع توفر الظروف المناسبة تحولت ببطء إلى حجر (تحجّرت) بعد موتها، تحوز المتحجرات على إعجاب الكثيرين في العديد من المتاحف، وعملية جمعها أمر ممتع. إنه أصعب اليوم، حيث سبق وأن تمّ جمع الكثير من المتحجرات البسيطة للاغراض البحثية أو لتعرض في المتاحف. ولكن في بعض الأماكن، مثل مدينة لايم ريجيز التي تقع على الساحل الجنوبي لإنكلترا، ما زالت المنحدرات تتآكل بسبب أمواج البحر، وهنا تظهر المتحجرات في كثير من الأحيان.

وهكذا شاعت الحفريات لآلاف السنين.

كانت كلمة (الأحفور) في الأصل تعني (أي شيء يتم حفره)، لذا قد تكون (الأحافير) عبارة عن قطع نقدية قديمة، أو قطع من الفخار، أو صخرة كوارتز لطيفة. لكن العديد من هذه الأشياء المدفونة في الأرض بدت كالأصداف، أو أسنان أو عظام الحيوانات، وتدريجيًا بدأت كلمة (الأحفوري) تعني هذه الأشياء التي بدت مثل أجزاء للمخلوقات. تمّ العثور في بعض الأحيان على أصداف الحيوانات البحرية على قمم الجبال، بعيدًا عن البحر. في كثير من الأحيان لا يبدو أن العظام الحجرية والأسنان والأصداف تشبه تلك الموجودة في أي حيوان معروف. في القرن السابع عشر الميلادي، عندما بدأ علماء الطبيعة في التفكير في ما تمّ العثور عليه، قاموا بتكوين ثلاثة أنواع من التفسيرات. أولاً، اعتقد البعض إن هذه الأشكال قد تمّ صنعها بواسطة قوة خاصة داخل الطبيعة، كانت تسعى جاهدة، إلى تكوين أنواع جديدة من الكائنات الحية. ولكنها فشلت، ورغم إنها كانت مشابهة للنباتات والحيوانات الحية الموجودة، لكنها لم تتمكن أبدًا من صنع أنواع جديدة. ثانيًا، جادل آخرون بأن الحفريات كانت بالفعل بقايا لأنواع من الحيوانات أو النباتات التي لم يتم اكتشافها بعد. ظلّت الكثير من أجزاء الأرض نفسها غير مستكشفة، بحيث يمكن العثور على هذه المخلوقات في نهاية المطاف في أجزاء نائية من العالم، أو في المحيطات. تجرأت مجموعة ثالثة من العلماء على افتراض أن هذه الكائنات كانت مخلوقات كانت في يوم من الأيام على قيد الحياة ولكنها انقرضت الآن.

وإذا كان هذا صحيحًا، فلا بد أنْ تكون الأرض أقدم بكثير مما ظنه معظم الناس.

لم تكتسب كلمة (الأحفوري) معناها الحديث، إلّا مع بداية القرن الثامن عشر وأصبحت تشير إلى بقايا النباتات أو الحيوانات التي كانت في يوم من الأيام تعيش على سطح الارض. إن إدراك ما يعنيه هذا بدأ يهيمن على التفكير العلمي. وكان العالِم الذي أقنع العالَم إن بعض الحيوانات قد انقرضت شخصًا فرنسيًا يدعى، جورج كوفييه (1769 - 1832) الذي كان ماهرًا في علم التشريح لا سيِّما في مقارنة تشريح أنواع مختلفة من الحيوانات. كان لديه اهتمام خاص بالأسماك ولكن كانت لديه أيضًا معرفة واسعة بالمملكة الحيوانية بأكملها. قام بتشريح مئات الحيوانات المختلفة، ثم قام بمقارنة الأجزاء المختلفة من أجسادها واستكشف ما قامت به كل أجهزتهما المختلفة. وقال إن الحيوانات هي آلات حية يكون لكل جزء فيها وظيفته المناسبة. ولاحظ أيضًا إن كل جزء في جسم الحيوان يعمل بتكامل مع الأجزاء الأخرى. على سبيل المثال، الحيوانات التي تأكل اللحوم لها أنياب (أسنان حادة)، والتي تسمح لها بتمزيق لحم فريستها. وهي تمتلك الجهاز الهضمي المناسب، والعضلات، وجميع الخصائص الأخرى التي تحتاج إليها من أجل الإمساك بالفريسة وتناول اللحوم. إما تلك التي تتغذى على النباتات، مثل الأبقار والأغنام، فلها أسنان ذات نهايات مسطحة، تساعدها

على طحن العشب والتبن. وبنية العظام والعضلات فيها مناسبة للوقوف بدلاً من الجري والقفز.

وبسبب اعتقاد كوفير أن الحيوانات خلقت بشكل جميل للغاية وأن أجزائها كانت متناسقة بشكل كامل بات بإمكانه أن يشرح الكثير عن بنية الحيوان ونمط حياته بمجرد النظر إلى جزء منه. فقد كان يقول إن العثور على أنياب حادة معناه العثور على كائن حي من آكلة اللحوم، وأشار إلى، أنه سيطبق المبدأ نفسه على المتحجرات. وقام مع عالم تشريح آخر بإجراء بحث شامل في المتحجرات الموجودة حول باريس. واكتشف الباحثان أن الأحافير غالبًا ما تشبه أجزاءً من الحيوانات الحية التي ما زال بالإمكان العثور عليها في ذات المنطقة، ولكن في كثير من الحالات كانت الأسنان والعظام صغيرة، لكنها كانت ذات أهمية كبيرة. وعن طريق الصدفة، تمّ العثور على بقايا متجمدة لفيل كبير في سيبيريا. فحص كوفير هذا (الماموث الصوفي)، كما كان يطلق عليه، وجادل بأنّه لايشبه أي فيلّ حيّ معروف، فبالتأكيد أن حيوانًا بهذا الحجم سيلاحظ من قبل الناس، إذا كان ما يزال يتجول في مكان ما. لذلك يجب أنْ يكون قد انقرض.

عندما قبِل علماء الطبيعة فكرة أن بعض أنواع الحيوانات (والنباتات) منقرضة الآن، بات من الأسهل كثيرًا عليهم تفسير الأعداد الكبيرة من الأحافير التي تمّ الكشف عنها آنذاك. ساعدت اكتشافات قام بها شخصين في إنكلترا لم يكن من المحتمل أنْ يقوما بها في نشوء فكرة عالم ما قبل التاريخ. أول هذين الشخصين

كانت مريم آننغ (1799 – 1847). كانت ابنة نجار فقير يعيش في مكان يسمى لايم ريجيز، يقع في جنوبي إنكلترا وهو مكان لا يزال يتآكل بسبب مياه البحر. كان مكانًا رائعًا لماري لتبحث فيه عن الأحافير. حتى عندما كانت فتاة صغيرة، كانت تذهب لجمع الأحافير، لأن العينات الجيدة منها يمكن بيعها للعلماء وجامعي الأحافير. استغلت ماري وشقيقها جوزيف معرفتهما بالمكان للقيام بنشاط تجاري لجمع وبيع الحفريات. في عام 1811 وجدا جمجمة، ثم عددًا من العظام الأخرى، لمخلوق غريب. كان يقدر أن طوله كان سبعة عشر قدمًا (خمسة أمتار)، كان لا يشبه أي شيء تمّ العثور عليه من قبل. تم عرضه في أكسفورد وبعد وقت قصير أطلق عليه اسم الإكثيوصوروس (Ichthyosaurus) والتي تعني حرفيا (سحلية السمك)، لأنه كان لديه زعانف مما يعني إنه كان يسبح في الماء. واصلت ماري العثور على عدد من الحفريات المثيرة الأخرى، بما في ذلك واحدة تشبه إلى حد ما سلحفاة عملاقة، ولكن من دون أي دليل على أنه كان لديها في أي وقت مضى قوقعة. أطلق عليها تسمية بليزوصورات Plesiosaurus وهذه الكلمة تعني (شيء مقارب للزواحف). جلبت لها هذه الاكتشافات الشهرة وبعض المال. ولكن بعدما انتشر الصيد الأحفوري، باتت تواجه منافسة شرسة وعانت من مشاكل في إعالة نفسها وعائلتها من خلال عملها.

كانت ماري أننغ تتمتع بقدر ضئيل من التعليم وفقدت حقها في اكتشافاتها الأحفورية بمجرد أن باعتها. واجه جيدون مانتل

(1790 – 1852) مشاكل من نوع مختلف. كان طبيبًا اخصائيًا في طب الأسرة عاش في بلدة لويس في مقاطعة ساسكس التي تقع أيضًا في جنوبي إنكلترا – وتمكن من العثور على العديد من الأحفوريات في مقالع الحجر الجيري القريبة. ولكونه طبيبًا فقد كانت لديه معرفة جيدة في علم التشريح وكان قادرًا على تفسير الاحفوريات. لكن كان عليه أن يوفّق بين عمله الأحفوري والممارسة الطبية المزدحمة وعائلته الكبيرة. حوّل منزله إلى متحف للمتحجرات، الأمر الذي لم يكن مريحًا لزوجته. كان السفر إلى لندن لعرض النتائج التي توصل إليها على العلماء هناك نشاطًا يتطلب وقتًا طويلاً ومالاً.

على الرغم من هذه المشاكل، استمر مانتل في عمله، وكانت مكافآته الكشف عن العديد من الوحوش الغريبة. في عشرينيات القرن التاسع عشر، وجد مجموعة من الأسنان من نوع لم يسبق له مثيل، والمالك الأصلي للأسنان كان اسمه إيغوانودون، وتعني هذه الكلمة (من يملك سنًا مثل الإغوانا) (نوع من السحلية الاستوائية). وقد منحه بعض المعجبين به هيكلاً عظميًا مكتملاً تمامًا لحيوان الإغواندو سبق لهم أنْ عثروا عليه. كما اكتشف مانتل ديناصورًا لديه قوقعة، Hylaeosaurus مما يؤكد أن بعض هذه المخلوقات الضخمة كانت تسير على الأرض. فيما تمّ اكتشاف مخلوقات أخرى كانت تحمل سمات الطيور، فكان هذا العالم الغريب من المخلوقات التي تعيش في البحر، وعلى الأرض وفي الهواء.

عندما نرى هذه المخلوقات الرائعة والعملاقة التي أعيد تركيبها وعرضها في المتاحف، من الصعب أنْ نفهم كم كان شاقًا عمل الرجال والنساء الذين كشفوا عنها لأول مرة. كانت العظام المتحجرة تتوزع في أماكن متناثرة في كثير من الأحيان وكانت هناك أجزاء صغيرة مفقودة في الهياكل العظمية. لم يكن لديهم سوى عدد محدود من الحيوانات الحية أو المتحجرة لمقارنة النتائج معها، ولم يمتلكوا أيًا من التقنيات الحديثة لتحديد عمر اكتشافاتهم. ولم يكن بمقدورهم سوى تقدير حجم اكتشافاتهم بمقارنة العظام التي اكتشفوها – عظمة الفخذ، على سبيل المثال – مع حيوانات حية كبيرة، مثل الفيلة أو حيوانات وحيد القرن.

كانت الأحجام المقدرة مذهلة. واستخدم الباحثون طريقة العالم كوفير للمساعدة في إعادة بناء هياكلْ عظمية كاملة من أجزاء متعددة والتكهن بما قد يكون الحيوان قد أكله، وكيف كان يتحرك، وما إذا كان يعيش على الأرض، أو في الماء، أو يطير في الجو، أو يمزج بينها. كان لا بد من مراجعة الكثير من أفكارهم مع اكتشاف المزيد من الديناصورات ومع معرفة المزيد عن التاريخ المبكر للحياة على الأرض. لكن النتائج التي توصلوا إليها غيّرت إلى الأبد الطريقة التي ننظر فيها إلى العالم الذي نعيش فيه. لقد جعل مقتنصوا الديناصورات عامة الناس يدركون كم هوعمر الأرض، وكيف عاشت كائنات معقدة قبل وقت طويل من ظهور البشر. استولى هذا العالم القديم على خيالهم، وظهرت رسوم مدهشة له في العديد من المجلات الشعبية.

واستطاع كتّاب مثل تشارلز ديكنز الإشارة إلى هذه الزواحف العملاقة، مدركين أن قرّائهم سيفهمون ما كانوا يتحدثون عنه. تمّ استخدام اسم (الديناصورات) لأول مرة في عام 1842: وهو يعني تقريبًا (سحلية كبيرة). استمر اكتشاف أنواع جديدة من الديناصورات، ليس فقط في إنكلترا بل في أماكن أخرى. وأصبحت بسرعة تشكل جزءًا من التاريخ العام للحياة على الأرض، واحتسبت فترة وجودها على الأرض تقريبًا من عمر العصور الحجرية التي اكتشفت فيها.

استخدم ريتشارد أوين (1804 - 1892)، الرجل الذي أطلق عليها اسم (الديناصورات)، تجاربه الخاصة على هذه المخلوقات لتعزيز مهنته ومكانته العلمية. وكان هو وراء بناء ما يعرف اليوم بمتحف التاريخ الطبيعي في لندن. إنه متحف رائع، وما زال للديناصورات مكان بارز فيه. والعديد من المعروضات التي يحتويها هي عينات أصلية عثر عليها أشخاص مثل ماري أننغ.

في عام 1851، استضافت لندن الدورة الأولى في سلسلة دورات معرض عالمي سمّي بالمعرض الكبير، حيث عُرضت فيه معروضات للعلوم والتكنولوجيا والفن والنقل والثقافة من جميع أنحاء العالم. أقيم المعرض في مبنى ذا طراز مذهل: يدعى (كريستال بالاس)، وهو مبنى زجاجي ضخم، يقع في وسط هايد بارك، في قلب لندن مباشرةً. كان ارتفاعه 33 مترًا وعرضه 124 مترًا وطوله 563 مترًا. كان الناس يعتقدون وقتها

إنه لا يمكن بناء مبنى بهذا الحجم من الحديد والزجاج، لكن جوزيف باكستون تمكن من ذلك. كان مزارعًا لديه خبرة في بناء مستنبات زجاجية كبيرة لنبلاء العصر الفيكتوري. لم يعرف العالم حدث شبيه به من قبل، وتدفق ستة ملايين شخص من جميع أنحاء العالم لرؤيته خلال الأشهر الستة التي استمر فيها.

عندما أغلق المعرض، تم نقل قصر الكريستال إلى متنزه سيدنهام في الطرف الجنوبي من لندن. وكجزء من تطوير هذا الموقع، تمّ إنشاء أول مدينة ملاهي في العالم. كانت مخصصةً للديناصورات والمخلوقات الأخرى لعالم ما قبل التاريخ. تمّ بناء نسخ متماثلة عملاقة من الاغوانادونات والميغالوصورات والاكتيوصوراسات وغيرها من الوحوش ووضعها داخل بحيرة صناعية وحولها كذلك. كانت الإيغوانودون كبيرة جدًا لدرجة إنه في ليلة رأس السنة الجديدة عام 1853، كان هناك أربعة وعشرون ضيفًا يتناولون العشاء داخل القوالب المستخدمة لصنع جسدها الضخم. ما تزال المنطقة تسمى كريستال بالاس حتى يومنا هذا، على الرغم من أن المبنى الزجاجي اشتعل أثر حريق هائل اندلع في عام 1936. بعض الديناصورات المعاد بناؤها لا تبدو بحالة جيدة تمامًا اليوم، لكنها نجت من الحريق ويمكن رؤيتها اليوم، ورغم أنها تبدو مدمرة ومهترئة، ولكنها ما زالت تمثل تذكيرًا رائعًا بالماضي.

نحن نعرف الآن أكثر بكثير عن عصر الديناصورات. تمّ العثور على العديد من الأنواع المختلفة منها، ويمكننا تحديد أعمارها بدقة أكثر مما استطاعة مينتل أو أوين.

نقول في بعض الأحيان إن الديناصورات اختفت بسرعة نوعًا ما. (الوقت الجيولوجي بطيء جدًا، كما سنرى في الفصل التالي). ما نقصده هو أن الديناصورات الضخمة انقرضت، ربما كنتيجة للتغيرات في المناخ، بعد أن ضرب كويكب هائل الأرض قبل حوالي خمسة وستين مليون سنة لكنها لم تختف جميعها. نجت بعض الديناصورات الصغيرة وتطوّرت، ويمكنك رؤية أحفادها في حديقتك كل يوم. وهم ما نسميهم بالطيور.

الفصل الرابع والعشرون



تاريخ كوكبنا

لم يكن الكشف عن عظام الوحوش القديمة سوى جزءًا من القصة. إذا تجولت يومًا في الريف، لا بد وأنْ تكون قد لاحظت إن الوادي غالبًا ما تتدفق فيه مياه الأنهار أو يجري أحدها في وسطه. وتحيط به التلال والجبال، أيضًا. في بعض أجزاء العالم، ولنأخذ على سبيل المثال، جبال الألب في سويسرا، ستدهشك الجبال بارتفاعاتها العالية جدًا ووديانها العميقة جدًا.

كيف تشكلت ملامح الأرض؟ لم يكن من الممكن أنْ تكون الجبال والوديان على هذه الشاكلة التي هي عليها الآن، لأن شكل الأرض يتغير كل عام بفعل الزلازل، والثورات البركانية، والأنهار، والأنهار الجليدية. قد يكون التغيير في عام واحد طفيفًا، ولكن حتى في أثناء حياتك، تحدث اختلافات واضحة. تزول

السواحل وتسقط البيوت أحيانًا في البحر. احسب ذلك على مدى بضعة أو عدة أجيال، ستكون التغييرات أكبر.

الزلازل العنيفة والبراكين وأمواج تسونامي ليست جديدة. فبركان جبل فيزوف الواقع، بالقرب من نابولي في إيطاليا، ثار في عام 79 ميلاد. ودُفنت مدينة بومباي تحته، مما أسفر عن مقتل العديد من الناس، يغير الرماد والحمم البركانية من شكل الساحل بشكل كبير. اليوم يمكنك المشي على طول شوارع بومبي، المدينة التي تم بعثها من تحت الرماد والطفوح البركانية من نوع الخفاف التي استقرت هناك.

تساءل الكثير من الناس حول ما تعنيه هذه الأنواع من الأحداث الدراماتيكية. اعتقد البعض إنها أعمال لقوى غيبية. لكن ابتداءً من أواخر القرن السابع عشر، بدأ الباحثون يدرسون الأرض كموضوع للتاريخ الطبيعي. ولدت الجيولوجيا الحديثة عندما تصدت لثلاث مشاكل. الأولى كانت هي الطريقة الجديدة لفهم (التاريخ).

في القرون السابقة، كان (التاريخ) يعني (الوصف). كان التاريخ الطبيعي مجرد وصف للأرض والأشياء الموجودة عليها. تدريجيًا، اكتسب (التاريخ) معناه الحديث ليعبر عن التغييرات الحاصلة عبر الزمن. نحن معتادون على تغير الأشياء بسرعة: الملابس والموسيقى وتسريحات الشعر والمصطلحات العامية وأي شيء يتعلق بأجهزة الكمبيوتر والهواتف المحمولة. حينما نرى صورًا لأشخاص عاشوا في الخمسينيات من القرن الماضي

نكتشف كم يختلفون عنا. هذا الأمر ليس بالجديد فعلاً – على سبيل المثال كان الرومان يرتدون ملابس مختلفة عن اليونانيين القدماء، ولكن وتيرة التغيير هي أسرع بكثير الآن. لذا، بتنا نقبل التغيير بشكل طبيعي. والتاريخ هو دراسة هذا التغيير.

كانت المشكلة الثانية تتعلق بالزمن. افترض أرسطو إن الأرض خالدة، وكانت منذ الأزل بذات الشكل الذي كانت عليه عندما كان يعيش فيها. اعتقد العلماء الصينيون والهنود أيضًا أن الأرض كانت موجودة منذ الأزل. مع ظهور الآراء المسيحية والإسلامية عن الأرض، تقلص الزمن. قال الكاتب السير توماس براون في عام 1642: «الزمن الذي ندركه، ليس سوى الخمسة أيام التي سبقت يوم ولادتنا». والمقصود هو أن كتاب سفر التكوين يروي قصة الخلق الذي خلق فيه الله آدم وحواء في سادس يوم. وخلال الأيام الخمسة التي سبقته، تمّ خلق الأرض والسماء والنجوم والشمس والقمر وكل النباتات والحيوانات. بالنسبة للمسيحيين مثل براون، تمّ خلق كوكبنا، الأرض، قبل فترة وجيزة من رؤية آدم وحواء الفجر الأول في جنة عدن.

إذا قرأت الكتاب المقدس بعناية، وقمت بإضافة جميع أعمار أحفاد آدم وحواء المذكورين في العهد القديم، فان ذلك سيعطيك تاريخًا تقريبيًا لأول زوجين ظهرا في الكون. في منتصف القرن السابع عشر، قام رئيس أساقفة ايرلندي بفعل ذلك. توصل من خلال حساباته أن الأرض قد خُلقت في يوم 22 تشرين

الأول من عام 4004ق.م، في وقت مبكر من المساء حتى أكون دقيقًا! لم يقبل العديد من المسيحيين في منتصف القرن السابع عشر حسابات الأسقف أوسشر.

ولكن بالنسبة للأشخاص الذين يريدون معرفة كيف تمّ تشكيل السمات الجيولوجية للأرض، كان من الصعب تفسير كيف يمكن أنْ تكون وديان الأنهار قد شقت طريقها في الأرض تدريجيًا إذا كان عمر الأرض أقل من 6000 سنة.

كما أدت هذه الفترة المحدودة إلى خلق صعوبات في تفسير كيف أمكن العثور على أصداف على قمم جبال، أعلى بكثير من المحيطات والبحار الحالية. ما كان الجيولوجيون بحاجة إليه قبل كل شيء هو إيجاد المزيد من الوقت تكون فيه الأرض موجودة. ثم يمكن وضع الأشياء التي كانوا يراقبونها في منظور ما هو معقول. وهذا ما فعلوه. ابتداءً من أواخر القرن السابع عشر، بدأ علماء الطبيعة في القول إن العالم يجب أنْ يكون أقدم من بضعة آلاف السنوات التي سمح بها أوسشر. بعد عدة عقود، قام كونت دي بوفون (عالم التاريخ الطبيعي الرائد الذي التقينا به في الفصل 19) بتصميم مخطط يجمع بين علم الكونيات والجيولوجيا. وبالنسبة لعلم الكونيات فان الأرض كانت في الأصل كرة ساخنة جدًا، انطلقت من الشمس. وبدأت تبرد تدريجيًا، وأصبحت الحياة ممكنة. وقد وضع تاريخًا مبدئيًا لعملية فصل الأرض عن الشمس يقدر بحوالي 80 ألف سنة، مع الحرص على دقة تعبيره حتى لا يسيء إلى الكنيسة.

المشكلة الثالثة هي فهم طبيعة الصخور والمعادن. فليست الصخور جميعها متشابهة. بعضها يكون صلبًا، وبعضها ناعمًا ومتفتتًا، وتتكون من أنواع مختلفة من المواد. كما يبدو إنها من أعمار مختلفة. سمحت تسمية وتحليل الصخور والمعادن للجيولوجيين الذين درسوها بوضع صورة لتاريخ الأرض. قام إبراهام فيرنر (1749 – 1817) في ألمانيا بالكثير من هذا العمل في وقت مبكر. كان يعمل في إحدى الجامعات، لكنه كان نشطًا في التعدين. ساعدت المناجم العميقة تحت الأرض العلماء من خلال توفير عيّنات من مواد لا يمكن الحصول عليها بسهولة على سطح الأرض. لم يبنِ فيرنر تصنيفه للصخور على مكوناتها فقط، ولكن أيضًا على الأعمار النسبية لها. كانت الأقدم منها صلبة جدًا ولم تشتمل أبدًا على أحافير.

لذلك، فإن أنواع الصخور الموجودة في مكان معين تقدم فكرة عن عمر المكان، بالنسبة للأماكن الأخرى. وكذلك يفعل الحفر في طبقات الأرض السفلى، حيث تحتوي طبقات الصخور والأرض (الطبقات، كما يسميها الجيولوجيون) على أحافير، وهي توفر أيضًا أدلة على الأعمار النسبية لكل من الأحافير والطبقات التي وجدت فيها. كان الرجل الذي أظهر أن الحفريات مهمة جدًا في عملية تحديد التاريخ هذه هو المساح، وليام سميث (1769 – 1839). ساعد سميث في بناء قنوات الري في بريطانيا في أوائل القرن التاسع عشر. قبل اختراع السكك الحديدية، كان الماء هو أفضل وسيلة لنقل

البضائع، وخاصة الأشياء الثقيلة مثل الفحم. قاس سميث العديد من أميال الأرض، لتساعده على تحديد أفضل ممر لشق قناة جديدة. وأثناء قيامه برسم خريطة جيولوجية لإنكلترا وويلز أدرك بشكل تدريجي، إن أهم سمة لطبقة قشرة الأرض لم تكن ببساطة نوع من الصخور التي تحتوي عليها، بل كذلك الأحفوريات التي يمكن العثور عليها في داخل تلك الصخور ومع وجود جدول زمني موسع لتاريخ الأرض وفهم الأنواع المختلفة من الصخور، ونظرة سميث إلى أهمية الأحفوريات، أمكن للجيولوجيين محاولة (قراءة) تاريخ الأرض. في أوائل القرن التاسع عشر، كان معظم عمل الجيولوجيين (مليء بالكوارث). ووجد الباحثون معًا السجل الذي يكشف عنه من خلال أعمال التعدين، وبناء القنوات، ومن ثم مد خطوط السكك الحديدية، فوجدوا العديد من الحالات التي ألقت فيها البراكين والزلازل طبقات تمّ دفنها في أعماق قشرة الأرض. لذلك، بدا لمعظم علماء الطبيعة أن تاريخ الأرض كان فترة من الاستقرار تفصلها فترات من أحداث عنيفة - كوارث - في جميع أنحاء العالم. لقد اعتبرت الفيضانات كوارث، لذا حاول الجيولوجيون مطابقة نتائجهم مع الكتاب المقدس، كانوا سعداء لوجود أدلة على حدوث فيضانات واسعة النطاق وواسعة الانتشار في الماضي، بما في ذلك الذي حدث أخيرًا (من الناحية الجيولوجية) والذي يمكن أنْ يكون الفيضان العالمي التي أخذ فيه النبي نوح زوجًا من كل نوع من أنواع الحيوانات إلى سفينته.

وجد الكارثيون (الذين يعتبرون تاريخ الارض سلسلة من الكوارث) الكثير من الأدلة التي تدعم وجهة نظرهم في تاريخ الأرض. كانت الأحافير في أي واحدة من الطبقات المختلفة تظهر اختلافات واضحة عن تلك الموجودة تحتها أو فوقها. كان للطبقات الحديثة أحافير أشبه بالنباتات والحيوانات الحية الحالية أكثر من تلك الموجودة في الطبقات القديمة. في باريس، كان جورج كوفييه (الذي التقينا به في الفصل الأخير) يستخدم (التشريح المقارن) لإعادة تكوين صور واضحة للأجيال السابقة. كان ويليام باكلاند (1784 – 1856) أحد أتباعه، وهو رجل دين ليبرالي إنكليزي قام بتدريس الجيولوجيا في جامعة أكسفورد.

نشطًا بشكل مميز في بحثه عن الأدلة الجيولوجية للفيضان التوراتي. وجد الكثير من الأشياء التي ظن أن سببها هو المياه: الحطام الذي تمّ غسله في الكهوف والصخور وحتى الصخور الضخمة المنتشرة في الحقول. في العشرينيات من القرن التاسع عشر، كان متأكدًا جدًا من أن هذه كانت نتيجة لفيضان نوح. بحلول أربعينيات القرن التاسع عشر، عندما كشفت التحقيقات الجيولوجية عن مزيد من التفاصيل، أصبح أقل ثقة. لقد أدرك أن الأنهار الجليدية (وهي كتل ضخمة من الجليد) كان لها تأثير حتى في بريطانيا. وقدمت تفسيرًا أكثر إقناعًا لأشياء مثل الصخور المتناثرة، التي كان من الممكن أنْ تكون قد تركت بينما كان الجليد يتحرك ببطء نحو الأمام.

اعتقد معظم الجيولوجيين في أعوام 1820 و1830، إن هذه الكوارث القديمة تزامنت مع نشوء طبقات جيولوجية جديدة. ولأن الأحافير في الطبقات كانت مختلفة قليلاً بشكل عام، فقد خلصوا إلى استنتاج مفاده أن تاريخ الأرض يتألف من سلسلة من الأحداث الكارثية - الفيضانات الهائلة والزلازل العنيفة - يليه نشوء نباتات وحيوانات جديدة تتكيف مع الظروف الجديدة التي انبثقت إلى الوجود. لقد بدت الأرض، على ما يبدو، في تاريخ متسارع تحضيرًا لمجدها الرائع: خلق الإنسان. هذا المخطط معزز بقصة الخلق في سفر التكوين، إما بافتراض أن الستة أيام من الخلق كانت في الواقع ست فترات طويلة، أو أن الكتاب المقدس وصف فقط الخلق الأخير، عصر خلق البشر.

في عام 1830، طعن تشارلز ليبل (1797 - 1875)، وهو محام شاب، تحوّل إلى جيولوجي، في صحة هذا الاعتقاد العام. كان ليبل يبحث في الصخور والحفريات في فرنسا وإيطاليا. وكان يدرس الجيولوجيا في جامعة أكسفورد وكان أستاذه وليام. مستاءً من رؤية باكلاند الجيولوجية. وتساءل ليبل ما الذي يمكن أن نثبته إذا افترضنا أن القوى الجيولوجية التي كانت تعمل على الأرض كانت دائمًا متشابهة (متماثلة)؟ وأصبح زعيم (المتماثلون) (اصحاب المفهوم الذي يقول إن القوى الجيولوجية كانت متماثلة)، الذين نما عددهم ليكونوا بمواجهة (الكارثيون). أراد أنْ يثبت كم من فترات التاريخ الجيولوجي الكلي للأرض يمكنه تفسيرها باستخدام مبدأ التماثل استطاع

أنْ يرى إن الأرض كانت نشطة جدًا في ذلك الوقت؛ فلا تزال هناك البراكين والفيضانات والتآكل والزلازل. إذا كان معدل هذه التغييرات هو نفسه كما كان منذ فترة طويلة، فهل هذا يكفي لتوضيح كل الأدلة على فترات كوارث العنف القديمة؟ فكانت اجابته بنعم، وأوضح أسبابه في عمل من ثلاثة مجلدات، عنوانه مبادئ الجيولوجيا (1830 – 1833). وسيقوم بمراجعته خلال الأربعين سنة القادمة، مع الأخذ بعين الاعتبار بشكل دقيق أبحاثه الخاصة وأبحاث غيره من علماء الجيولوجيا.

كانت النزعة التماثلية لليل محاولة جريئة للتخلص من الكارثية والاعتماد على المعجزات مثل طوفان نوح. لقد أراد أنْ يضع الجيولوجيون تفسيرًا لتاريخ الأرض بحرية دون تدخل من الكنيسة. كان ليل رجلاً متديّنًا بعمق اعتبر أن الجنس البشري هو كائن مخلوق فريد من نوعه، له مكانة خاصة في الكون. ورأى بوضوح أكثر من معظمهم أن فكرة الكارثة عن الخلق المتعاقب للنباتات والحيوانات، التي تقترب مسافة أكثر من أولئك الذين يعيشون في الوقت الحاضر، بدت أشبه إلى حد كبير بالتطور. وبينما قارن الكارثيون الأحفوريات العميقة بالأحافير الضحلة ورأوا التقدم، جادل ليل بدلاً من ذلك بأن الاحفوريات لم تُظهر أي تطور شامل. كان متحمسًا جدًا عندما تمّ اكتشاف أحد الثدييات الأحفورية في طبقة قديمة، عميقة تحت الأرض. كان يتم العثور على الثدييات عمومًا فقط في الطبقات الحديثة، لذلك فان هذا نبهه إلى أنه لم يكن هناك أي

تقدم حقيقي في تاريخ النباتات والحيوانات، باستثناء البشر. إذا بدا الأمر وكأنه تقدم، فإنه كان مجرد ضربة حظ. لم يتم الحفاظ إلّا على عدد ضئيل من الأنواع التي كانت موجودة في عصور ما قبل التاريخ كأحفوريات.

ساعد تشارلز ليل في نشوء الجيولوجيا الحديثة. فالطريقة التي فكر فيها في الجيولوجيا، وعمله الميداني الواسع، كان كلاهما رائعين. لقد أظهر إنه إذا كان لأرضنا تاريخ طويل بما فيه الكفاية، يمكن تفسير الكثير بمجرد ملاحظة ما يحدث الآن واستخدام الأحداث أو القوى الجيولوجية الحالية لشرح الماضي. كان عالم الطبيعة الشاب، تشارلز داروين، معجبًا كثيرًا بكتاب ليل مبادئ للجيولوجيا. أخذ المجلد الأول معه (وطلب إرسال الإثنين الآخرين إليه) عندما انطلق في رحلاته حول العالم على متن سفينة البيغل. قال داروين إنه نظر بعيون ليل إلى العالم الجيولوجي - عالم الزلازل والصخور والحفريات - أثناء رحلته. لكنه توصل إلى استنتاجات مختلفة للغاية حول ما تعنيه الأحفوريات في الواقع.



الفصل الخامس والعشرون



أعظم عرض في التاريخ

إذا قمت بنزهة في الريف فسوف تجد نفسك بين الأشجار والزهور والثدييات والطيور والحشرات التي تنتمي إلى الجزء الخاص بك من العالم. اذهب إلى حديقة الحيوان وستجد النباتات والحيوانات الغريبة من أماكن بعيدة. انتقل إلى متحف التاريخ الطبيعي وستكون هناك أحفوريات، وربما تجد هيكلاً عظميًا يعود لديناصور عملاق، عاش قبل ملايين السنين الشخص الذي علمنا كيف أن كل هذه الأنواع الحية والأحفورية مرتبطة فيما بينها فعلاً هو، رجل هادئ ومتواضع يدعى تشارلز داروين (1809 – 1882). لقد غيّر الطريقة التي نفكر فيها عن أنفسنا.

قام كارل لينيوس (الفصل 19) بتسمية النباتات والحيوانات على أساس أن الأنواع البيولوجية ثابتة. وما زلنا نسميها تبعًا

لطريقته. يمكننا فعل ذلك لأنه على الرغم من أننا نعرف الآن أن النباتات والحيوانات قد تغيرت، فإن ذلك يحدث ببطء شديد. الأنواع البيولوجية لها معنى حقيقي. ولكن داخل هذه الأنواع هناك تنوع واختلاف. قد يختلف الأطفال عن والديهم: ربما يكونوا أطول أو بلون شعر مختلف أو أنف أكبر. ذباب الفاكهة الصغير الذي يتجول بين الفواكه المتعفنة في فصل الصيف يختلف أيضًا عن والديه، ولكن بسبب حجمه الصغير من الصعب رؤية تلك الاختلافات. الفروق التي من الأسهل أنْ نراها هي تلك التي بين الجراء أو صغار القطط التي تتجول قرب القمامة. ما أدركه داروين هو أن الاختلافات بين الآباء وذريتهم مهمة للغاية، سواء كنا نراها أو لا. حتى لو لم نتمكن من تقديرها دائمًا، يمكن للطبيعة القيام بذلك. كان طريق داروين إلى هذه الرؤية الحيوية مليئًا بروح المغامرة والتفكير الهادئ.

كان والد داروين وجديه أطباء ناجحين. وجد جده، إراسموس داروين، كان صاحب نظرية حول كيفية تطور النباتات والحيوانات، وكتب قصائد عن العلوم. كان تشارلز طفلًا سعيدًا، على الرغم من أن والدته توفيت عندما كان في الثامنة من عمره. اكتشف حب الطبيعة وكان يجري التجارب بواسطة عدته من الأدوات الكيميائية. كان طالبًا ذا مستوى متوسط في المدرسة. أرسله والده إلى جامعة أدنبرة لدراسة الطب، لكنه كان أكثر اهتمامًا بالتاريخ الطبيعي والبيولوجيا. بعد العملية الجراحية الأولى التي رآها وقع فريسة المرض، وأدرك

حينها إنه لا يمكن أنْ يصبح طبيبًا أبدًا. ظل داروين دائما شديد الحساسية تجاه المعاناة من الأمراض.

بعد فشله في أدنبره، ذهب للدراسة في جامعة كامبردج للحصول على شهادة بكالوريوس في الفنون الأساسية، كانت هناك فكرة لأن يصبح رجل دين. بمجرد أن يجتاز امتحاناته، ولكن تبين أن كامبردج مهمة للغاية بسبب الصداقات التي أقامها مع أساتذة علم النبات والجيولوجيا. فقد ألهموه ليصبح عالمًا طبيعيًا. اصطحبه جون هينسلو لجمع النباتات في ريف كامبردج. وذهب مع آدم سيدجويك إلى ويلز لدراسة الصخور والأحفوريات المحلية. بعد هذه الجولة مع سيدجويك، كان داروين قد تخرج من الجامعة وأصبح يشعر بالملل لأن ليس لديه ما يفعله، ولم يكن متأكدًا مما ينبغي عمله في المستقبل. جاءه طوق النجاة من خلال عرض غير عادي: هل يرغب في أنْ يصبح (عالم الطبيعة النبيل المحترم) في رحلة استكشافية على متن السفينة إتش إم أس بيغل، بقيادة الكابتن روبرت فيتزروي من البحرية الملكية؟ رفض والده الفكرة، لكن خاله أقنع والده بأنها فكرة عظيمة فعلاً. كانت الرحلة على متن السفينة بيغل هي التي صنعت تشارلز داروين.

وعلى مدى خمس سنوات، من كانون الأول عام 1831 إلى تشرين الأول من عام 1836، ظل داروين بعيدًا عن المنزل حيث كانت السفينة تجوب جميع أنحاء العالم. كان يشعر بدوار البحر في أغلب الوقت الذي قضاه في البحر لذلك أمضى معظم

وقته على الأرض، وخاصة في أمريكا الجنوبية. كان مراقبًا ماهرًا لجميع أنواع الظواهر الطبيعية: المناظر الطبيعية، والناس وعاداتهم، والنباتات والحيوانات والأحفوريات. جمع الآلاف من العينات وأرسلها إلى المنزل، وكانت كلها مصنفة بعناية. لو كان يعيش الآن لكان أسس مدونة خاصة به، لكنه كان يحتفظ بكراسة رائعة، نشر محتوياتها بعد عودته إلى أرض الوطن. نال كتابه الأول مجلة الأبحاث (صدر عام 1893) شعبية واسعة، وما يزال يمثل رواية كلاسيكية عن واحدة من أهم الرحلات العلمية التي تمّ القيام بها على الإطلاق. والكتاب يعرف الآن باسم رحلة على متن السفينة بيغل.

سيتم الأخذ بأفكار داروين حول التطور في المستقبل، لكن حتى ذلك الحين كان داروين يتساءل بشكل خاص كيف تغيرت النباتات والحيوانات مع مرور الوقت. أخبر كتابه مجلة الأبحاث قرائه عن ثلاثة أشياء مهمة بشكل خاص. أولاً، بينما كان داروين في تشيلي حدث زلزال عنيف - نجت منه السفينة بيغل بسلام - أدى إلى ارتفاع مستوى الشريط الساحلي بشكل مثير بمقدار 15 قدمًا تقريبًا (4,5 متر). كان داروين يحتفظ نسخة من كتاب العالم ليبل مبادئ الجيولوجيا، وقد تأثر كثيرًا بفكرة ليبل بأن الأحداث العنيفة مثل الزلازل يمكن أنْ تفسر الماضي. لقد أقنع الزلزال الذي وقع في تشيلي داروين أن ليبل كان على حق.

ثانيًا، صُدم داروين بالعلاقة بين الأنواع الحية والأحفوريات الحديثة للنباتات والحيوانات. على الجانب الشرقي من أمريكا الجنوبية، وجد أرماديلوس حيوان كبير من نوع الارماديللو أو ما يعرف بالمدرع لا يزال حيًا، وأحافير مشابهة: مماثلة له، لكن من الواضح أنها ليست من النوع نفسه. اكتشف العديد من الأمثلة الأخرى، وأضاف اكتشافاته إلى تلك التي عثر عليها علماء الطبيعة الآخرون.

الشيء الثالث، والأكثر شهرة، كانت اكتشافاته في جزر غالاباغوس. تفصل هذه المجموعة من الجزر مئات الأميال عن الساحل الغربي لأمريكا الجنوبية. كانت توجد هناك بعض النباتات والحيوانات المدهشة، بما في ذلك السلاحف العملاقة والطيور الجميلة، التي كان الكثير منها فريدة من نوعها بالنسبة لجزيرة معزولة. زار داروين العديد من الجزر وجمع العينات بعناية. التقى رجل عجوز أخبره عن اسم الجزيرة التي جاءت منها السلحفاة، لذلك كان ظهور السلاحف في تلك الجزر شيئا مميزًا. ولكن بعد أن عاد داروين إلى إنكلترا، بدأ يدرك أهمية ما وجده. بدا خبير الطيور ينظر إلى العصافير التي تمّ جمعها من الجزر المختلفة، ووجد إنها في الواقع من أنواع مختلفة. كل جزيرة من جزر غالاباغوس كانت، على ما يبدو، نوعًا من مختبر مصغر للكثير من التغييرات.

بعد مغادرتها أمريكا الجنوبية، أبحرت السفينة بيغل عبر المحيط الهادئ إلى أستراليا، ثم نحو أسفل الطرف الجنوبي من

أفريقيا. وعادت إلى إنكلترا عبر زيارة قصيرة أخرى إلى أمريكا الجنوبية. عندما وصلت السفينة إلى إنكلترا عام 1836، أصبح داروين عالمًا طبيعيًا من الطراز الأول، مختلف تمامًا عن الشاب العصبي الذي انطلق في رحلة السفينة. كما اكتسب سمعة علمية في موطنه من خلال التقارير والرسائل والعينات التي جلبها معه.

أمضى داروين السنوات القليلة التالية في العمل على العديد من الأشياء التي جمعها في بعثته، وألف ثلاثة كتب. كما تزوج من ابنة عمه إيما ويدجوود، وانتقل إلى منزل كبير في ريف كينت. سيكون داروين هاوس منزله لبقية حياته، المكان الذي سيؤدي فيه عمله الأكثر أهمية. كان يجب أنْ يكون في المنزل، لأنه كان يعاني من مرض غامض وكان في كثير من الأحيان ليس على ما يرام. أيًا كان مرضه – وما زلنا إلى الآن لا نعرف ما الذي أصابه – فقد أنجب من إيما تسعة أطفال. كما كتب كمّاً غزيرًا من الكتب والمقالات. أحد هذه الكتب هو أهم كتاب في تاريخ البيولوجيا: (أصل الأنواع)، الذي نُشر عام 1859.

قبل نشر هذا الكتاب بسنوات، بدأ داروين يحفظ ملاحظاته الخاصة حول فكرة (التحوّل). بدأ كتابة أول ملاحظاته عام 1837، بعد عودته من رحلة السفينة بيغل. في عام 1838، قرأ داروين مقالة توماس مالثوس حول مبدأ السكان. كان مالثوس، وهو رجل دين، مهتمًا كثيرا بالسبب الذي يجعل الكثير من الناس فقراء. وأشار إلى أن الفقراء يتزوجون في سن مبكرة ويكون لديهم أطفال أكثر مما لا يمكنهم أنْ يعتنوا بهم بشكل صحيح.

قال مالثوس إن جميع أنواع الحيوانات تنتج نسلاً أكثر بكثير من ذلك الذي يمكن أنْ يبقى على قيد الحياة. فيمكن أن يكون للقطط ثلاثة صغار في السنة، وكل منها تنجب ستة أو أكثر من القطط الصغيرة. في كل عام تنتج شجرة البلوط الآلاف من جوز البلوط، ويمكن أنْ تصبح كل جوزة شجرة أخرى. الذباب يمكن أنْ ينتج الملايين من صغار الذباب كل عام. إذا نجا جميع نسل هذه النباتات أو الحيوانات، وإذا حدث ذلك في الأجيال التالية أيضًا، فإن العالم سيخضع بشكل تام قريبًا لسلطة القطط أو أشجار البلوط أو الذباب.

يعتقد مالثوس إن كل هذه النسل الإضافي ضروري لأن هناك الكثير من الهدر. الطبيعة لا ترحم - إنها قاسية هناك. عندما قرأ داروين مقالة مالثوس، أدرك أنه اكتشف سببًا يجعل البعض يفعل ذلك، والبعض الآخر لا يفعله. كما إنه يفسر سبب تغير النباتات والحيوانات بشكل تدريجي على مدى فترات طويلة من الزمن. يجب أنْ يتمتع أولئك الذين بقوا على قيد الحياة ببعض المزايا على أشقائهم، وسيكون هناك (بقاء للأصلح)، أو الانتقاء الطبيعي كما سماه داروين. لقد أدرك داروين أن جميع النسل يرث بعض الصفات من والديهم، مثل أنْ يكونوا عدّاءين سريعين. كان من المرجّح للبقاء على قيد الحياة من ذرية الصفات الأكثر فائدة: إذ يمكن أنْ يركضوا أسرع قليلاً، وبالنسبة للنباتات تكون لديها أشواك أصغر قليلاً. لذا فإن تلك السمات ستكون (مختارة)، لأن الأفراد الأقل نجاحًا، الذين لم يكن لديهم هذه

السمات، لن يتمكنوا من البقاء لفترة طويلة بما يكفي للحصول على ذرية خاصة بهم.

أدرك داروين إن التغيير في الطبيعة بطيء للغاية. لكنه قال إننا نعلم أن التغيير يمكن أنْ يكون أسرع بكثير عندما يكون البشر مسؤولين عن العملية، ويختارون الصفات التي يريدونها في نباتاتهم وحيواناتهم. ووصف هذا بالاختيار الاصطناعي، وكان البشر يفعلون ذلك منذ آلاف السنين. قام داروين بتربية الحمام، وتبادل العديد من الرسائل مع زملائه من مربي الحمام. كان يعرف مدى السرعة التي يمكن أنْ تتغير بها أشكال وسلوك الحمام، عندما يختار المربون بعناية حماماً ذا سمات معينة لتنتقل إلى الفراخ الجديدة. كان المزارعون يفعلون الشيء نفسه مع أبقارهم وخرافهم وخنازيرهم. وكذلك يفعل مربو النباتات عندما يحاولون تحسين محاصيلهم، أو إنتاج المزيد من الزهور الجميلة. أنت تعرف كيف يختلف كثيرًا كلب البلدغ عن كلب الراعي. من السهل إنشاء التنوع في الحيوانات إذا اختار المربي السمات التي يريدها.

رأى داروين إن الطبيعة تتصرف ببطء أكثر، ولكن، إذا منحت الوقت الكافي والظروف البيئية الصحيحة، سيحدث الشيء نفسه بالضبط. ما تعلّمه داروين عن الطيور والسلاحف في جزر غالاباغوس يوضح كيفية عمل الانتقاء الطبيعي. الظروف المحلية – التربة والحيوانات المفترسة، والإمدادات الغذائية – كانت مختلفة قليلاً في كل جزيرة. لذلك تكيفت

النباتات والحيوانات المحلية مع الظروف المحلية المختلفة. تمّ انتقاء (مناقير) أنواع مختلفة من العصافير لأشياء مختلفة يمكنها أنْ تجد الطعام: البذور، والفاكهة، أو القراد الذي يعيش على ظهر السلاحف. في بعض الحالات، كما تعلم داروين، أصبحت الاختلافات كبيرة بما يكفي لإنشاء أنواع مختلفة، على الرغم من أن جميع العصافير ما تزال مرتبطة ارتباطاً وثيقًا. وقد سمح الوقت والعزلة بحدوث تغير كبير، وتطورت أنواع جديدة.

وبهدوء، قرأ داروين على نطاق واسع وجمع العديد من الملاحظات الأخرى. وألف مخططًا موجزًا عن نظريته في عام 1838 وأصدر نسخة موسعة منه في عام 1842. لكنه لم ينشر أفكاره. لماذا؟ أراد أنْ يتأكد من أنه كان على حق. كان يعرف أن لديه نظرة ثورية للعالم الحي وأن علماء آخرين كانوا سينتقدونه بشدة إذا لم يكن كلامه مقنعًا. في عام 1844، نشر روبرت تشامبرز، وهو ناشر من أدنبره وعالم طبيعة هاو غير مشهور، نسخته من كتاب عن تغير الأنواع. وكان بعنوان اقتفاء آثار التاريخ الطبيعي للمخلوقات وأثار في حينه ضجة كبيرة. وقدأصبح (التحوّل) موضوعًا ساخنًا. وجمع تشامبرز الكثير من الأدلة التي تشير إلى أن الأنواع الحية هي أحفاد الأنواع السابقة. كانت أفكاره غامضة إلى حد ما، ولم تكن لديه نظرية حقيقية حول كيفية حدوث ذلك. لقد ارتكب العديد من الأخطاء. ومع أن كتابه تمّ بيعه بشكل جيد للغاية، إلّا أنه تعرض لهجوم من العلماء البارزين – وهم أنفسهم الذين كان داروين يأمل في إقناعهم.

لذا قرر أنْ ينتظر، أنتهى من بعض المنشورات الهامة حول رحلة السفينة بيغل، وتناول موضوعًا غير عادي ولكنه آمن: الحيوان البحري البرنقيل. كان تشريح ودراسة هذه المخلوقات البحرية الصغيرة عملاً شاقًا، ولكن داروين أصرّ دائمًا على أنها أعطته رؤيته القيمة لمجموعة من الحيوانات كانت ذات عدد كبير من الأنواع الحية والأحفورية، والذي تكيف كل منها بطريقة مختلفة حسب طريقة عيشه.

بعد دراسة البرنقيل، عاد داروين أخيرا إلى عمله الرائع. في عام 1858، عندما كان يؤلف كتابًا طويلاً كان يدعوه (الانتقاء الطبيعي)، قدم ساعي البريد أخبارًا كارثية. من آسيا البعيدة وردت رسالة تطلب رأي داروين في مقالة قصيرة. كانت سردًا موجزًا للطريقة التي قد يؤدي بها الانتقاء الطبيعي إلى تغيير الأنواع مع مرور الوقت. جعل هذا الأمر داروين يئن وينتحب. فقد قام مؤلف المقالة، ألفريد رسل والاس (1823 – 1913)، بتلخيص ماكتبه داروين وصرف فيه وقته وجهده وصحته وذكر نفس استنتاجاته.

ساعده صديقيه تشارلز لاييل وجوزف هوكر، اللذان كانا على علم بآرائه حول الأنواع، على الخروج من هذا المأزق وقاما بترتيب عرض مشترك لأفكار والاس وداروين في جمعية لينيان في لندن. لم يبد أحد اهتمامًا كبيرًا لما قيل في الاجتماع. كان داروين مريضًا في المنزل ولم يكن والاس يعرفه حتى – كان على بعد 8000 ميل. لكن رسالة والاس أقنعت داروين أنه يجب

أن يكتب بسرعة ملخصًا لأفكاره، بدلاً من كتاب طويل كان يعمل عليه. هكذا تم نشر كتاب أصل الأنواع في 24 تشرين الثاني 1859. وقام الناشر بطباعة 1250 نسخة من الكتاب. وبيعت جميعًا في يوم واحد.

ركز كتابه على فكرتين من أفكاره الرئيسة. أولاً، يفضل الانتقاء الطبيعي بقاء الصفات المفيدة، أي الخصائص التي تساعد الأفراد على العيش والتكاثر. (أظهر الانتقاء الاصطناعي كيف يمكن للإنسان أنْ يغير بشكل هائل خصائص النباتات والحيوانات إذا أراد ذلك، ووضح كيف يمكن أنْ تتغير النباتات والحيوانات) ثانيًا، الانتقاء الطبيعي، الذي يحدث في البرية وعلى المدى الطويل، أنتج أنواعًا جديدة. تطورت ببطء مع مرور الوقت. بقية الكتاب كان عرضًا رائعًا لكيفية شرح هذه الأفكار للعالم الطبيعي. كتب داروين عن العلاقة بين الأنواع الحية وأسلافها الأحفورية المترابطة بشكل وثيق. ووصف التوزيع الجغرافي للنباتات والحيوانات في جميع أنحاء العالم. وشرح كيف أن العزلة الجغرافية (كما في جزر غالاباغوس) توفر الظروف التي يمكن أنْ تتطور فيها أنواع جديدة. وشدد على أن أجنة بعض الحيوانات تشبه إلى حدٍ بعيد أجنة الحيوانات الأخرى. كان الأثر الذي خلفه كتاب داروين في علم الأحياء يشبه الأثر الذي تركه كتاب المبادئ لنيوتن في علم الفيزياء فقد قام بالتعريف عن عدد كبير من الأشياء في العالم الطبيعي.

كانت أكبر مشكلة واجهت داروين هي الوراثة: لماذا يشبه النسل الوالدين، وفي نفس الوقت يختلف قليلاً عنهم وعن بعضهم البعض. درس داروين ذلك بعناية وأمعن التفكير فيه. واقترح بعض التفسيرات، لكنه عرف أن الوراثة (علم الوراثة) لم تكن مفهومة بشكل جيد، وصرح بذلك. كما كان يعلم أن ما هو مهم هو عدم البحث في كيفية عمل الوراثة ولكن البرهنة على أن ذلك حدث بالفعل.

أحدث كتاب أصل الأنواع ضجة كبيرة. كتب عنه الكثيرون وتحدثوا عنه. كان لدى البعض أشياء جيدة ليقولوها عنه، بينما انتقده آخرون. استمر داروين ببساطة في العمل عليه - نشر ست طبعات منه قبل وفاته. طوّر الأفكار التي وردت فيه، وكان سبب ذلك يعود في جزء منه كرد على الانتقادات التي وجهت، وفي جزء آخر منه لأن أفكاره استمرت في النضوج. وإلى جانب مواصلته تحديث كتابه أصل الأنواع، استمر في كتابة عدد مذهل من الكتب الأخرى عن أشياء تهمه: مثل بساتين الفاكهة الجميلة، وكيف تتكيف أزهارها مع الحشرات التي تلقحها. والنباتات التي تصطاد الحشرات وتهضمها؛ والنباتات المتسلقة التي يمكن أنْ تتشبث بالجدران. وحتى عن دودة الأرض البسيطة. لا عجب أنه وصف بأنه (رجل ذو فضول علمي كبير). ولم يبدو ان هناك شيئًا قد فلت من ملاحظته.

لم يقل كتابه أصل الأنواع أي شيء عن التطور البشري، على الرغم من أن داروين كان يعلم أن رؤاه كانت صحيحة بالنسبة

لتاريخنا البيولوجي. كان من الواضح تماماً لأي قارئ للطبعة الأولى من هذا الكتاب أن داروين كان يؤمن بتطور الجنس البشري، لكنه انتظر لأكثر من عقد من الزمان لكي يقول ذلك علانية، في كتاب نشأة الإنسان 1871 جعل داروين من التطور البيولوجي نظرية علمية صالحة كان هناك بعض العلماء لم يقتنعوا بها، ولكن معظمهم كانوا مقتنعين بها، حتى لو اشاروا في بعض الأحيان إلى ارائهم الخاصة حول كيف ولماذا حدث ذلك. تمّ تصحيح العديد من تفاصيل عمل داروين العظيم عن طريق العمل العلمي اللاحق. لم تكن نظرية مثالية تماماً. ولم يكن يجب أنْ تكون كذلك - فالعلم ليس هكذا. ولكن من غرفة دراسته وحديقته في داون هاوس، حرص داروين على ألّا ننظر أبدًا إلى الحياة على الأرض بنفس الطريقة مرة أخرى. إن التاريخ التطوري لكوكبنا هو ببساطة أعظم عرض شهدته الأرض.

الفصل السادس والعشرون



صناديق الحياة الصغيرة

هناك أشياء لا يمكننا رؤيتها أو سماعها ببساطة. العديد من النجوم تتخطى مدى رؤيتنا، ونحن لا نستطيع رؤية الذرات، أو حتى المخلوقات الصغيرة التي تعج بها برك مياه الأمطار. لا يمكننا سماع أصوات يمكن للعديد من الطيور أو الفئران سماعها. ولكن ما يزال بوسعنا أنْ نتعلم أشياء جديدة عنها، وأنْ نسأل الأسئلة وأنْ نستخدم أدوات تسمح لنا برؤية أو سماع الأشياء أفضل بكثير من استخدام أعيننا وآذاننا فقط وكما سمحت لنا التلسكوبات بمزيد من التعمق في الفضاء، تساعدنا المجاهر على رؤية المزيد من وحدات البناء الأساسية الصغيرة للمخلوقات الحية.

في القرن السابع عشر، استخدم رائد علم الأحياء الدقيقة، أنطوني فان ليوينهويك، مجاهره الصغيرة للنظر إلى خلايا الدم

وإلى الشعر على أرجل الذبابة. وبعد قرن من الزمن، سمحت المجاهر الأكثر تقدماً لعلماء الطبيعة بفحص هذه التفاصيل الدقيقة لغرض التشريح، وتشكيلة رائعة من حياة الكائنات الحية المتناهية الصغر. يمكن أنْ يجعل المجهر (المركب) الأشياء تبدو أكبر من صورتها باستخدام المجهر البسيط. وهو عبارة عن أنبوب به عدستين، وتقوم العدسة الثانية بتكبير صورة العدسة الأولى، بحيث تحصل على صورة مكبرة بشكل مضاعف لم يكن كثير من الناس عميقي التفكير يثقون تماماً بالمجاهر. كانت الأنواع الأولى من المجاهر المركبة تظهر لنا صوراً مشوهة أو خادعة ذات أشكال مختلفة – على سبيل المثال، كانت تظهر ألوان أو خطوط غريبة لأشياء لا وجود لها. في الوقت نفسه، لم تكن هناك سوى طرق بدائية لتقطيع الأشياء إلى شرائح رقيقة لفحصها، ومحاولة تثبيت هذه الشرائح على منضدة أو سلايد (وهي ورقة زجاجية رقيقة). وبالتالي، اعتقد كثير من العلماء إن استخدام المجاهر لا يستحق كل هذا الجهد.

ومع ذلك، أراد الأطباء وعلماء الأحياء فهم كيفية عمل الأجسام في أدق التفاصيل الممكنة. في فرنسا، بدأ كزافييه بيشات (1771 – 1802) في تقصي حقيقة مواد مختلفة – ما نسميها اليوم بـ (الأنسجة)، فيما إذا كانت صلبة مثل العظام، أو ناعمة مثل الدهون، أو سائلة مثل الدم – والتي يتكون منها الجسم البشري. أدرك بيشات أن الانسجة التي من نفس النوع تتصرف بطرق مشابهة، بغض النظر عن مكان وجودها في جسم الإنسان.

وهكذا، كانت جميع العضلات تتكون من نفس النوع من الأنسجة حيث كانت شديدة الانكماش في الساقين والذراعين واليدين أو القدمين. كانت جميع الأوتار (القطع الصغيرة التي تربط العضلات بالعظام)، أو الطبقة الرقيقة التي تسمى الأغشية المصلية (مثل تلك المحيطة بالقلب) متشابهة في جميع أجزاء الجسم. ويسمى العلم الذي يدرس الخلايا والأنسجة (بعلم الأنسجة) ويعتبر بيشات (أبو علم الأنسجة). ومع ذلك كان بيشات واحدًا من أولئك الذين كانوا يشكّون بالمجاهر، ولم يكن يستخدم سوى عدسة مكبرة بسيطة.

كان ماقام به بيشات مبعث إلهام للآخرين لكي يحاولوا فهم النباتات والحيوانات من خلال وحدات البناء الأصغر والأكثر أساسية. في العقود الأولى من القرن التاسع عشر، كانت هناك العديد من الأفكار التي تتنافس على معرفة طبيعة هذه الوحدات الأساسية للنباتات والحيوانات. وبدأت المشاكل الفنية للمجاهر المركبة تجد طريقها إلى الحل في فرنسا وبريطانيا منذ أواخر عشرينيات القرن التاسع عشر. ومنذ ذلك الحين، أصبح بإمكان الأشخاص الذين ينظرون بأدواتهم أن يكونوا أكثر ثقة بأن ما كانوا يرونه كان صورة دقيقة لما كان موجودًا بالفعل.

في ثلاثينيات القرن التاسع عشر، ساعدت المجاهر الجديدة اثنين من العلماء الألمان على القول إن لبنات البناء الحيوية للحياة هي الخلايا، وأن جميع النباتات والحيوانات تتكون من الخلايا. واحد من هؤلاء العلماء كان عالمًا في النبات يدعى شلايدن.

وكان الآخر طبيبًا، يدعى تيودور شوان (1810 - 1882). استكشف شوان كيف تعمل الخلايا وكيف يتم تكوينها. تجري في خلايا النباتات والحيوانات، الأنشطة التي تسمح بأشياء مثل الحركة والهضم والتنفس والاستشعار. تعمل الخلايا معًا، وهي المفتاح لفهم كيف تعمل النباتات والحيوانات وكيف تعيش.

عندما تجرح نفسك - ولنقل، قمت بقطع إصبعك - سوف تنمو المزيد من أنسجة الجلد لشفاء الجرح. ولكن إذا كانت الأنسجة مصنوعة من الخلايا، فكيف تمّ صنع الخلايا الجديدة؟ كان شوان مهتمًا جدًا بالكيمياء، وافترض أن الخلايا الجديدة تتبلور من خلال نوع خاص من السوائل، تمامًا مثلما يمكن صنع البلورات في المختبر من خلال محلول معين. أراد شرح كيف تنمو الأجنّة داخل البويضة، أو الرحم. وتساءل أيضًا من أين تأتي الخلايا، تلك التي تظهر إذا أصيب المرء بخدش أو كدمة. ولكونه طبيبًا، استطاع أنْ يدرك إن المنطقة المحيطة بالاصابة تصبح حمراء وقد تكون مليئة بخلايا صديدية. كان يعتقد إن هذه الخلايا القيحيّة تتبلور من السائل المائي الذي نراه كالانتفاخ. كانت نظرية جذابة تجمع بين الكيمياء والبيولوجيا، ولكن سرعان ما تبين أنها مبسطة للغاية.

ومع التحسن الذي حصل في المجاهر، بدأ المزيد والمزيد من العلماء بمراقبة ما يحدث في الخلايا. وكان رودولف فيرشو (1821 - 1902). واحدًا من أهم الباحثين الذين يراقبون عمل الخلايا وكان رجلًا ذا اهتمامات واسعة، وتميز فيركوف، على

الأغلب لكونه أخصائيًا في علم الأمراض، كان نشطًا أيضًا في مجال الصحة العامة والسياسة والأنثروبولوجيا والآثار. (ساعد في التنقيب عن مدينة طروادة، التي كتب عنها هوميروس حوالي سنة 800ق.م) وفي الخمسينيات من القرن التاسع عشر، بدأ فيركوف يفكر في ما تعنيه نظرية الخلية للطب، ودراسة الأمراض، المعروفة باسم علم الأمراض. وكان يعتقد مثل شوان، إن الخلايا هي الوحدات الأساسية للكائنات الحية. وسيكون فهم دورها في الصحة والمرض هو المدخل لنشوء نوع جديد من الطب، يقوم على أساس العلم. عرض أفكاره في كتاب مهم جدًا كان عنوانه علم الأمراض الخلوية (1858). بيّن فيه أن الأمراض التي يراها الأطباء في مرضاهم، ويمكن أنْ تدرس في وقت لاحق في غرفة التشريح (عند دراسة أجسادهم)، كانت دائمًا نتيجة لعدة نشاطات جرت في الخلايا. وشمل ذلك نمو السرطان (الذي كان مهتمًا به بشكل خاص)، والالتهاب، مع القيح والورم، وأمراض القلب، «تعلم أنْ ترى بالمجهر»، هكذا كان يعلّم طلابه دائمًا في فصول علم الأمراض الخاصة بهم: جمع فيركوف ملاحظاته المجهرية الرائعة مع بيان عميق للحقيقة البيولوجية (جميع الخلايا تأتي من خلايا). هذا هو المكان الذي تفوق فيه شوان. ما كان يقصده هو أن الخلايا القيحية التي تظهر إثر تورم حاد - بعد حدوث خدش أو كشط، على سبيل المثال - جاءت بالفعل من خلايا أخرى. فهي لم تتبلور من سوائل الجسم. كما كان يعني أيضًا أن نمو السرطان ناتج عن خلايا أخرى، في هذه الحالة

كانت الخلايا تتصرف بشكل غير صحيح وتنقسم متى لا ينبغي لها ذلك. كل خلية يمكن أنْ نلاحظها تحت المجهر أنتجتها خلية موجودة تُعرف باسم (الخلية الأمّ) تنقسم إلى خليتين (الخلايا الابنة). في الواقع، بينما كان علماء الأحياء يراقبون المزيد والمزيد، رأوا في بعض الأحيان حدوث هذا الانقسام الخلوي. ولاحظوا أن الجزء الداخلي من الخلايا يبدو وكأنه يتغير عندما تنقسم الخلية إلى قسمين. كان هناك شيئًا مميزًا يحدث.

وقد أظهرت الملاحظات السابقة بالفعل أن الخلية ليست مجرد كيس، مليء بنفس النوع من الأشياء. في الثلاثينيات من القرن التاسع عشر، جادل الباحث البريطاني روبرت براون (1773 – 1858) بأن كل خلية لديها شيء في مركزها: وهو النواة، لونها أغمق من المادة المحيطة بها. كان براون ينظر إلى الكثير من الخلايا تحت مجهره ويبدو إنها جميعًا كان لديها هذه النواة. وسرعان ما أصبحت النواة مقبولة كجزء من جميع الخلايا. أصبحت جميع المواد الأخرى المطوقة بجدران الخلايا معروفة باسم البروتوبلازم. تعني هذه الكلمة حرفيًا (القالب الأول)، لأنه في ذلك الوقت كان يُنظر إلى البروتوبلازم باعتباره المادة الحية الموجودة داخل الخلايا، التي كانت وظيفتها منح الحياة للنباتات والحيوانات. في الوقت نفسه شوهدت تراكيب أخرى إلى جانب النواة وأطلق عليها اسم الخلايا.

أعلن العلماء بسرعة عن قبولهم لاكتشاف النواة وأجزاء أخرى من الخلايا. ولكن كانت القصة مختلفة تمامًا عن الجدل

القديم حول (التولد التلقائي)، وهي الملاحظة التي تفيد بأن اللحم المتعفن والماء الراكد بدا وكأنهما يولدان جميع أنواع الكائنات الصغيرة، ولكن الحيّة. كان الناس يعلمون إنهم إذا تركوا قطعة من اللحم مكشوفة على طاولة، فقد يتوقعون رؤية الديدان في غضون يومين. لم يعلموا أن الذباب يضع البيض الذي يفقس في اليرقات، فكيف يمكن أنْ يشرحوا من أين جاءت الديدان؟ افحص قطرة من مياه البركة تحت المجهر، وسوف ترى إنها تتكدس بمخلوقات صغيرة. كيف وصلت إلى هناك؟

بالنسبة لعلماء القرن التاسع عشر، كان التفسير الأسهل هو أن هذه المخلوقات قد نشأت أو ولدت من بيئاتها المغذية بنوع من العمليات الكيميائية. كان هذا هو الرأي الشائع، ويبدو إنه منطقيًا. وبما أن الديدان لم تكن موجودة عندما تمّ ترك اللحم، فليس هناك تفسيرأفضل لوجودها من أن نفترض أن الجسد المتحلل قد أنتج هذه المخلوقات المثيرة للاشمئزاز؟ قليل من الناس ظنوا أن الأشياء المعقدة – الفيلة أو أشجار البلوط – قد ولدت تلقائيًا، لكن أشكال الحياة البسيطة ظهرت على السطح دون تفسير واضح، باستثناء إنها كانت قد ولِدت بطريقة ما من محيطها. حتى فكرة شوان عن الخلايا الحيّة المتبلورة من السائل الجسدي الخاص كانت نوعًا من التولد التلقائي، وهي خلايا حيّة آتية من مادة غير حيّة.

ظن علماء الطبيعة في القرنين السابع عشر والثامن عشر أنهم أثبتوا أن التولّد التلقائي لا يمكن أنْ يحدث، لكن المشكلة لم تنته

عند هذا الحد. فقد نوقشت بشدة منذ أواخر خمسينيات القرن التاسع عشر من قبل اثنين من العلماء الفرنسيين. أقنع الفائز أخيرًا المجتمع العلمي إنه لا يوجد تولّد تلقائي. لكن القصة لم تكن بسيطة: الفائز (الذي كان على صواب) لم يلعب بشكل عادل.

كان أول هذين العالمين الفرنسيين هو عالم كيمياء يدعى لويس باستور (1822 – 1959). في الخمسينيات من القرن التاسع عشر بدأ يشك في أن الخلايا الحيّة يمكنها القيام بأشياء غير عادية. لقد اعتاد على استثمار الخواص الكيميائية لمركبات مختلفة. كما كان على دراية بالتخمّر، وهي العملية التي يتم فيها خلط العنب بالخميرة لصنع النبيذ، ويتم خلط الدقيق مع الخميرة لصنع الخبز الذي ينتفخ قبل خَبزِه، قبل مجيء باستور كان يعتقد أن التخمّر هو نوع معين من التفاعل الكيميائي الذي تعمل فيه الخميرة فقط كمحفز – وهو شيء يسرّع الأمور ولكنه يبقى بدون تغيير بواسطة التفاعل. سيثبت باستور بدلاً من ذلك أن عملية التخمير هي عملية بيولوجية تسببها الخميرة التي تعيش فيها، وتتغذى على السكريات في العنب والدقيق. كانت الخلايا في الخميرة تنقسم لإنتاج المزيد من الخلايا، وفي هذه العملية، تسببت أنشطتها المعيشية في تكوين الكحول المرغوب به في النبيذ أو جعل الخبز خفيفًا ومرنًا. بالطبع، يجب إيقاف هذه العمليات في الوقت المناسب، عن طريق التسخين. إذا سمح للخميرة أنْ تستمر وتعيش، فإن الخمر يتحول إلى خل ويتحوّل الخبز إلى عجين مرة أخرى. وهنا، تساءل باستور إذا كان هذا يحدث في

عملية التخمير، فكيف يمكن أنْ تشارك الكائنات الحية المجهرية الأخرى في عمليات تُعزى إلى التفاعلات الكيميائية - مثل التولّد التلقائي. لذا حوّل الموضوع إلى تحدٍ علني مع زميله ومواطنه فيليكس بوتشيه (1800 - 1872) أحد أنصار التولّد التلقائي.

من خلال سلسلة من التجارب، قام باستور بغلي أخلاط تتكون من القش والماء لغرض تعقيمها. ثم تركها عرضة للهواء لتطفو عليها. جزيئات الغبار عادة، إذا قمت بفحص السائل بعد بضعة أيام، ستجده يعج بالكائنات الدقيقة. أظهر باستور إنه إذا استبعدت جزيئات الغبار من الهواء، فسيظل المحلول معقماً. ولإظهار أن هذه الكائنات المجهرية جاءت مع جزيئات الغبار، وليس الهواء نفسه، قام بتصميم قارورة خاصة مع رقبة منحنية، مثل بجعة، تسمح بدخول الهواء ولكن ليس الغبار. عندما قام بتجارب مماثلة، احتوت قواريره على كائنات دقيقة بعد بضعة أيام. فسر نتائجه بأنها تثبت أن التولّد التلقائي يمكن أنْ يحدث. افترض باستور إنه عندما لم تظهر تجاربه ما كان يتوقعه، فذلك لأنه لم ينظف قواريره بالشكل الكافي - وافترض أن بوتشيت كان قذرًا دائمًا.

ربح باستور المعركة حتى لو كان قد تجاهل نتائج بعض تجاربه بهدوء حتى عندما لم تقدم النتائج التي يرغب بها، وبدا إنه يدعم بوتشيت ولم يكن انتصاره عائدًا في جزء منه إلى أنه كان عالمًا حازمًا ومصممًا، وكان مؤمنًا إنه على حق فحسب، ولكن أيضًا لأن تصريح فيركوف الهام بأن (جميع الخلايا تأتي من خلايا) بات يكتسب الدعم. أراد الناس تصديق باستور

لأن نظرياته كانت خطوة كبيرة إلى الأمام عن الأفكار القديمة الطراز، وهذا مهم جدًا في العلوم أيضًا.

سمح استخدام المجهر في إحراز تقدم كبير في الأبحاث الطبية والبيولوجية. تمّ تحسين المجاهر، وكذلك الأدوات اللازمة لإعداد العينات لفحصها تحت العدسات. كانت الصبغات - المواد الكيميائية الخاصة التي تعمل مثل الأصباغ - ذات أهمية خاصة، لأنها يمكن أنْ تلون الخلية وتسلط الضوء على ملامح بنيتها وإلّا فسيتم التغاضي عنها. لوحظ أن النواة المصطبغة، على وجه الخصوص، لها سلسلة من خيوط التلوّن الداكنة التي أعطيت اسم (الكروموسومات). أصل كلمة (كرومو) من الكلمة اليونانيّة القديمة لكلمة (لون). عندما كانت الخلية تنقسم، يمكن رؤية الكروموسومات وهي تنتفخ. كان على أهمية هذا الاكتشاف، والأجزاء الأخرى من الخلية التي حددها العلماء، أنْ تنتظر حتى القرن العشرين. لكن الأطباء وعلماء الأحياء في القرن التاسع عشر بدأوا أنشطتهم الفعالة. وفوق كل ذلك، أظهروا إنه إذا كنت تريد أنْ تفهم كيف تعمل جميع النباتات والحيوانات، في كل من حالتي الصحة والمرض، فإنك تحتاج إلى البدء بالخلايا التي تتكون منها. نوع واحد من الكائنات الحية الخلية المفردة - اسمه البكتيريا - أصبح له أهمية خاصة في فهم الأمراض. نحن لم نفي لويس باستور حقه، لأنه لعب دورًا محوريًا في العلاقة بين الجراثيم والمرض، وفي فهم كيف تلعب الكائنات الدقيقة دورها في العديد من جوانب حياتنا اليومية.

الفصل السابع والعشرون



السّعال والعطاس والأمراض

إذا أصبنا بسيلان في الأنف أو سعال أو اضطراب في المعدة، فغالبًا ما نقول إننا قد وقعنا فريسة لجرثومة أو فايروسًا، والذي نعني به نوعًا من الجراثيم. إن فكرة (وقوعنا فريسة) شيء ما أمر طبيعي بالنسبة لنا لدرجة إنه من الصعب إدراك مدى روعتها عندما توصل شخص ما إلى نظرية مفادها أن الأمراض يمكن أن تسببها الجراثيم. لقرون مضت كان الأطباء يعزون سبب الأمراض التي يعاني منها الناس إلى التغيرات الداخلية في الأخلاط. حتى في الآونة الأخيرة، عرف الأطباء إنهم يستطيعون إلقاء اللوم على تكوين سيئ يمكننا القول (جينات سيئة)، أو تساهل كبير في الطعام أو الشراب، أو عادات سيئة مثل البقاء مستيقظين طوال الليل. لم يكن أحد يعتقد أن هناك كائنًا حيّاً يأتي من الخارج

ويدخل أجسامنا ويستطيع أنْ يسبب لها المرض. كانت تلك فكرة جديدة، وأدّت إلى إعادة التفكير في ما يعنيه المرض نفسه في الواقع.

بالتأكيد تحدّث الأطباء في وقت سابق عن (بذور) المرض. كانت كلمة (فيروس) تُستخدم كثيرًا أيضًا، ولكنها كانت تعني (السم). إن الأشخاص الذين يموتون من السم بشكل عرضي أو متعمد، ليس شيئًا جديدًا. ما كان جديدًا مع هذه النظرية عن الجراثيم كان ذلك المصدر الخارجي الذي كان كائنًا حيًا متناهيًا في الصغر – كائن مجهري –. جلب معه لغة الحرب: كان للجسم (دفاعات) ضد هذه الجرثومة، ويمكنه أنْ (يكافح) العدوى. كانت نظرية جرثومية المرض نقطة تحوّل كبيرة في الطب.

التقينا بطلها الأكثر أهمية، لويس باستور، في الفصل الأخير. الذي تعرف على الجراثيم تدريجيًا. لقد كان منشغلاً بالبحث في دور الكائنات الحية الدقيقة في العديد من الأنشطة اليومية: تخمير البيرة، والنبيذ، وصنع الخبز. وجاءت كلمة (البسترة) للحليب ومنتجات الألبان الأخرى اعتمادًا على الاكتشافات التي حققها: انظر في ثلاجتك وستجد اسمه مستخدماً. فالحليب المبستر هو الذي تم تسخينه إلى درجة الحرارة المناسبة، والتي تقتل (الجراثيم) فيها. وهذاسيجعلها صالحة لفترة أطول وتكون أكثر أمانًا.

كان الأمر ما يزال يتطلب خطوة كبيرة لإثبات أن البكتيريا والخميرة والفطريات وغيرها من الكائنات الحية الدقيقة يمكن أنْ تسبب أمراضًا للإنسان والحيوان. كان هناك شيء واحد إضافة

لرؤية هذه الكائنات الدقيقة من خلال المجهر، شيء آخر لإثبات إنها هي وليس شيئًا آخر من يتسبب في الإصابة بمرض معين. ما نسميه الآن بالأمراض المعدية كانت دائمًا أمراضًا قاتلة. كان مرض الطاعون الدملي، أو الموت الأسود، يتسبب في حدوث حمى شديدة وتورمات مؤلمة للغاية في الجسم، تُعرف باسم (الدمل). اجتاح هذا الوباء المدن والبلدات البريطانية مرارًا وتكرارًا لأكثر من 300 عام بدءًا من 1340 فصاعدًا. كان ينتشر عن طريق البراغيث التي تعيش على الفئران السوداء، لكنه ينتقل إلى البشر عندما تموت الفئران من الطاعون أيضًا. أما الجدري، والتيفوس، والحمى القرمزية، والطفح الجلدي في الجلد والحمى المرتفعة، فقد تسببت أيضًا في خسائر فادحة. قد يكون لدى الوالدين ثمانية أطفال أو أكثر ويفقدان معظمهم قبل أن يتجاوزوا سن الطفولة بسبب المرض.

عندما درس الأطباء هذه الأمراض، فإنهم فسروها بإحدى طريقتين. اعتقد البعض أن هذه الأمراض التي تجتاح مجتمعات بأكملها كانت معدية. وهذا يعني إنها كانت تنتقل من شخص إلى آخر عن طريق الاتصال: عندما يلامس شخص سليم شخص مصاب بالمرض أو يستخدم ملابسه أو شراشفه. يبدو أن الجدري والطفح الرهيب الذي يصاحبه كان مرضًا معديًا، خصوصًا وأن الأشخاص الذين لم يصابوا بالمرض غالبًا ما كانوا يقعون فريسة له إذا ما قاموا برعاية صديق أو قريب مصاب به.

كان انتشار الأمراض الأخرى أقل سهولة في تفسيرها من سبب العدوى. كان لدى الأطباء نظرية مفادها إن هذه الأمراض كانت تُسببها المياسما وهي روائح وأبخرة كريهة أو غير صحية. وقالوا إن الامراض الخطرة حدثت بسبب الاضطرابات غير الصحية في الغلاف الجوي الناجمة عن روائح النباتات المتعفنة ومياه الصرف الصحي والروائح الكريهة لغرف المرضى. خلال القرن التاسع عشر، كانت الكوليرا أكثر الأمراض الوبائية إثارة للرعب كانت شائعة في الهند ولكن في العقد الثالث من القرن التاسع عشر بدأت في الانتشار في بقية أنحاء العالم. واحتاجت إلى ست سنوات لتنتقل من الهند إلى بريطانيا، حيث تسببت في حالة من الذعر لأنها كانت تجربة جديدة ومخيفة للغاية. تسبب الكوليرا في حدوث إسهال وقيء دراماتيكيين، تاركة الضحية الفقيرة تذبل وتسوم العذاب، ويسفر عنها موت بغيض. وغالبًا ما يحدث الموت بعد يوم واحد من الإصابة بالمرض.

في أيامنا هذه، يساعد انتشار السفر بين بلدان العالم على انتشار الأمراض بسرعة كبيرة. في تلك الأيام كانت تنتشر ببطء. وبينما كان الأطباء والمسؤولون الأوروبيون يراقبون انتشار الكوليرا ببطء في آسيا وأوروبا الشرقية، لم يكن بوسعهم أنْ يقرروا ما إذا كانت تنتقل من شخص إلى آخر (عن طريق العدوى)، أو ما إذا كانت وباءً يعود أصله إلى الميازما المنبثقة من تعفن المواد العضوية. كان الكثير من الناس يشعرون بالقلق من

أن المرض ينتشر من خلال شيء يتشارك به الجميع: وهو الهواء الذي يتنفسوه.

واعتمادًا على النظرية التي كانوا يؤمنون بها، يمكن للمسؤولين القيام بأشياء مختلفة في محاولة لوقف انتشار المرض. فإذا كانت العدوى هي السبب، فمن الأفضل عزل وحبس المصابين. بالنسبة للميازما، فان تنظيف الهواء وتحسين جودته كان أمرًا مهمًا. كانت الكوليرا هي التي أثارت الجدل الأكثر حدة عندما ضربت بريطانيا في أواخر عام 1831. ووسط ذعر شديد، انقسمت الاراء الطبية، لكن إجراءات الحجر الصحي لم تكن تبدو قد فعلت شيئًا. عندما عاد المرض مرة أخرى في 1848 و1854، فإن طبيبًا في لندن، يدعى جون سنو (1813 – 1858)، كان يراقب ويتفحص ما كان يجري ببراعة واستطاع من خلال التحدّث إلى السكان المحليين، أنْ يرسم خريطة لكل حالة مرضية على حدة في الحي، تأكد من أن سبب انتشار الكوليرا هو المياه الموجودة في خزان المياه العام في حي سوهو في وسط لندن. كان يعتقد إنه ملوث بغائط وقيء ضحايا الكوليرا، وأخذ عينة لفحصها بواسطة المجهر. على الرغم من أنه لم يتمكن من تحديد أي سبب محدد، إلّا أن عمله أكد على الحاجة إلى مياه نظيفة للصحة العامة وقد أظهر بحث سنو كيف تنتشر الكوليرا، وليس السبب المؤدي لها. لذلك، كانت التجارب المختبرية هي الحاسمة وخصوصًا تجارب لويس باستور المختبرية. وبينما كان يواصل بحوثه عن الكائنات الحية المجهرية الدقيقة، طلبت منه الحكومة الفرنسية

التحقيق في مرض دودة القز الذي كان يدمر صناعة الحرير الفرنسية. أطاع باستور هذا الطلب وانتقل مع عائلته إلى جنوبي فرنسا، حيث يتم إنتاج الحرير. وجعل زوجته وأولاده يساهمون في العمل معه في محاولة لتحديد سبب المشكلة. وتبين أنه كائن مجهري يصيب يرقات دودة القز. ومن خلال كشفه عن طرق الوقاية منه وتجنبه، أنقذ باستير صناعة الحرير الفرنسية.

وضع هذا الأمر باستور على الطريق لاكتشاف أسباب المرض. أراد أنْ يؤكد إيمانه بأن الكائنات الحية المجهرية الدقيقة تسبب الكثير من الأمراض التي يعاني منها الإنسان والحيوان. بدأ مع مرض الجمرة الخبيثة، وهو مرض يصيب حيوانات الحقول وينتقل في بعض الأحيان إلى البشر، ولم يتم نسيان هذا المرض إلى حد كبير إلّا قبل فترة قصيرة، على الرغم من أن الإرهابيين يهددونا به الآن. يسبب هذا المرض تقرحات مقرفة في الجلد، وإذا انتشر في مجرى الدم، فإنه يمكن أنْ يقتل المصاب به. تتسبب بهذا المرض بكتيريا كبيرة، لذلك من السهل نسبيًا اكتشافها. كان مرض الجمرة الخبيثة هو أول مرض يصيب البشر تمكن باستور من إيجاد طريقة للوقاية منه عن طريق صنع لقاح له.

بالعودة إلى عام 1796، اكتشف إدوارد جينر (1749 – 1823)، وهو طبيب انكليزي، طريقة للوقاية من الجدري عن طريق حقن صبي بمواد من جلد مصاب بحمى جدري البقر، وهو مرض مماثل لكنه أكثر اعتدالا. جدري البقر هو مرض يصيب الأبقار وتصاب به في بعض الأحيان الحلابات، وقد لوحظ أن هذه

الفتيات بدأ وكأنهن محميات من الإصابة بمرض الجدري الأكثر خطورة. أطلق جينر على طريقته الجديدة هذه اسم التلقيح Vaccination من الكلمة اللاتينية Vacca التي تعني البقرة، وبدأت برامج التلقيح تجرى في العديد من البلدان. مما ساعد في جعل هذا المرض الخطير أقل شيوعًا.

أراد باستور أنْ يفعل شيئًا مماثلاً مع مرض الجمرة الخبيثة، ولكن لم يكن هناك أي مرض يتصل به اتصالاً وثيقًا. بدلاً من ذلك، تعلّم كيفية جعل بكتيريا الجمرة الخبيثة أضعف، من خلال تغيير ظروف معيشتها، مثل درجة الحرارة، أو تغيير الطعام الذي يمكن أن تتناوله، أو تعريضها للهواء. تحتاج البكتيريا إلى ظروف مناسبة لكي تنمو، تمامًا مثلما نحتاج نحن. نجح باستور في جعل بكتيريا الجمرة الخبيثة أقل قدرة على التسبب في المرض، ووصف هذه البكتيريا الضعيفة باللقاح تكريمًا لذكرى ادوارد جينر. ثم قام بدعوة الصحفيين ليحضروا إحدى تجاربه. وحيث أنه قام بحقن بعض الأغنام والماشية بلقاحه، ثم قام بإعطاء مجموعة من تلك الحيوانات بكتيريا الجمرة الخبيثة. كانت التجربة ناجحة بشكل مميز: فالحيوانات التي تمّ تطعيمها لم تتأثر عندما أعطيت البكتيريا، في حين أن الحيوانات غير المحمية ماتت بسبب المرض. جعل باستور العالم مدرِكًا لقوة العلوم الطبية.

بعد مرض الجمرة الخبيثة جاء دور مرض داء الكلب. ومرض داء الكلب هو مرض فظيع، عادة ما تسببه لدغة من حيوان مصاب. وغالبًا ما يكون قاتلاً، وتحدث للمصابين به – بما في

ذلك العديد من الأطفال الصغار - رغوة في الفم ولا يمكنهم حتى شرب الماء. الشيء المميز في قصة باستور مع داء الكلب هو إنه لم يستطع حتى رؤية ما كان يتعامل معه. فالفيروس الذي يسبب داء الكلب صغير للغاية لدرجة أن المجاهر المتاحة في زمن باستور ومعاصريه لا تسمح لهم أنْ يجعلوه موضع تركيز. ومع ذلك، عرف باستور من أعراض الضحايا إنه أيًا كان المسبب لداء الكلب فإنه كان يهاجم الدماغ والحبل الشوكي، اللذين يشكلان مركز الجهاز العصبي. لذلك استخدم الحبل الشوكي للأرانب في (زراعة) (تكوين) الفيروس بشكل مصطنع. ويمكن أنْ يجعله أكثر أو أقل ضررًا، وفقًا للظروف التي يقوم بزراعته خلالها. استخدم فيروسه الأضعف لصنع اللقاح. حققت حالته البشرية الأولى نجاحًا كبيرًا وجعلت باستور مشهورًا عالميًا. كان جوزيف مايستر صبيًا صغيرًا تعرض للعض من كلب مصاب. أحضره أبيه اليائس إلى باستور، الذي وافق على محاولة إنقاذ حياته من خلال اعطائه سلسلة من الحقن. كان باستور عالمًا كيميائيًا، لذا كان يجب أنْ يكون هناك طبيبًا يقوم بإعطاء الحقن، ولكن اللقاح حقق انتصارًا. نجا الشاب مايستر، وعمل لدى باستور بقية حياته. سارع أشخاص آخرون عضتهم حيوانات مسعورة للذهاب إلى باريس لتلقي العلاج الجديد المعجزة. جذب العلاج الناجح إهتمامًا عالميًا، وتبرع الناس بالأموال لتأسيس معهد باستور، حيث عمل باستور فيه حتى وفاته. وما يزال المعهد شامخًا، بعد أكثر من قرن من الزمان على تأسيسه.

لم يكن باستور دائمًا شخصًا عاديًا، سواء في نجاحاته البارزة أو في طرق زراعته ودراسته للكائنات الحية المجهرية. اعتبر علماء آخرون طرقه خرقاء وصعبة. تمّ تطوير العديد من الأدوات المختبرية التي ما يزال العلماء يستخدمونها لدراسة البكتيريا من قبل منافس باستور الألماني، روبرت كوخ (1843 – 1910).

على عكس باستور، كان كوخ طبيبًا، بدأ عمله أثناء علاج المرضى. وهو، أيضًا، كان يعمل على بكتيريا الجمرة الخبيثة، تلك البكتيريا التي كان من السهل رؤيتها. لقد توصل إلى كيفية انتقال الجمرة الخبيثة من الحيوانات إلى البشر واكتشف أن لها دورة حياة معقدة. في بعض الأحيان، تدخل بكتيريا الجمرة الخبيثة في نوع من السبات يعرف باسم (الطور البوغي). هذه الابواغ من الصعب جدًا قتلها وإنها يمكن أنْ تصيب البشر والحيوانات أيضًا بحيث:

يمكنها تطوير المرض بأكثر من طريقة واحدة. وعلى الرغم من أن البكتيريا تتكون من خلية واحدة فقط، إلّا أنه تبين إنها كائنات حية معقدة للغاية.

كان روبرت كوخ رائدًا في استخدام التصوير الفوتوغرافي ليؤلف سجلاً مرئيا للبكتيريا التي تسبب المرض. قام بزرع البكتيريا على نوع صلب من مادة هلامية تستخرج من الطحالب يدعى أغار – اغار: وهذا يسمح بتحديد ودراسة المستعمرات الفردية (مجموعات من البكتيريا). وكانت أقل فوضى بكثير من قوارير وحساء باستور. اخترع أحد مساعدي كوخ، واسمه بتري، اخترع

الطبق الصغير الذي يستخدم لحفظ مادة آغار ونمو البكتيريا. كما أعرب كوخ عن تقديره لاستخدام الصبغات الملونة للمساعدة في التعرف على البكتيريا المختلفة. غيّرت هذه التطورات وجه علم البكتريا البكتريولوجي، وساعدت مجموعة عالمية من الأطباء والعلماء على البدء في فهم هذه الكائنات الدقيقة.

كان روبرت كوخ (صياد ميكروبات)، (الميكروب) هو مجرد اختصار لتعبير (الكائنات المجهرية). واستطاع تحديد الجراثيم التي تتسبب بالإصابة باثنين من أهم الأمراض في القرن التاسع عشر. في عام 1882، أعلن عن اكتشافه لعصيات الدرنة، البكتريا التي تسبب الإصابة بمرض السل. قتل السل أشخاصًا أكثر من أي مرض آخر في القرن التاسع عشر، لكن الأطباء ظنوا إنه إما أن يأتي بالوراثة، أو نتيجة لنمط حياة غير صحي. أظهرت بحوث كوخ إن مرض السل هو مرض معدٍ ينتشر من شخص مريض إلى شخص آخر. ويختلف هذا المرض عن الأمراض الوبائية الأخرى مثل الأنفلونزا والحصبة والتيفوس والكوليرا، لأنه مرض بطيء - بطيء في الانتشار والإصابة بالعدوى وبطيء في القتل. يقوم السل عادة بتدمير الرئتين على مدى عدة سنوات.

كان ثاني اكتشاف كبير لكوخ هو اكتشافه البكتيريا المسببة للكوليرا، وهو المرض الذي كان يخشاه الناس أكثر. عندما ظهرت الكوليرا في عام 1883 في مصر، أرسل الفرنسيون والألمان العلماء لمعرفة ما إذا كان بإمكانهم الكشف عن أسبابه.

كان ذلك نوعًا من المنافسة. أصيب أحد أعضاء الفريق الفرنسي بالمرض ومات. (باستور كان يريد أنْ يذهب ولكنه كان ضعيفًا جدًا) اعتقد كوخ وزملائه الألمان إنهم قد اكتشفوا الجرثومة الصحيحة، لكنهم لم يكن باستطاعتهم التأكد. ولهذا سافر كوخ إلى الهند، حيث كانت الكوليرا موجودة دائمًا. في تعريفه لعصية الكوليرا، أظهر كوخ أن جون سنو كان على حق - كان شيئا في الماء بعد كل شيء. وقد وجد العُصيات في إسهال ضحاياه، وفي الآبار التي كانوا يحصلون منها على مياههم. مهد تفهم سبب الأمراض المعدية الطريق للسيطرة الأفضل عليه، وفي النهاية، لإختراع اللقاحات، التي أنقذت ملايين الأرواح على مدى القرن الماضي. منذ أواخر السبعينيات من القرن التاسع عشر، تمّ تحديد العديد من الجراثيم المسببة للأمراض بشكل صحيح (وتمّ الإعلان عن العديد منها والتي لم تظهر في وقت لاحق إنها خطرة على الإطلاق). كانت فترة مثيرة، واعتقد الكثير من الأطباء إنها بشرت بزوغ فجر جديد في الطب والنظافة. وأظهرت أهمية نظافة المياه والحليب وكل شيء آخر نأكله ونشربه. منذ ذلك الحين، بدأ ينصحنا الأطباء بغسل أيدينا بعد استخدام المرحاض، وتغطية فمنا عندما نسعل. وتحديد الجراثيم يعني أن العلماء يمكنهم صنع اللقاحات، وفي وقت لاحق، الأدوية لعلاجها. وجعل الجراحة الحديثة ممكنة.

في وقت مبكر من ستينيات القرن التاسع عشر، قدم الجراح الإنكليزي جوزيف ليستر (1827 - 1912) مستلهمًا من أبحاث

باستور على الجراثيم. ما أسماه الجراحة المطهرة. ربما تحتوي عدة الإسعافات الأولية في منزلك على كريمات مطهرة. تحتوي طريقة ليستر الجديدة على حامض الكاربوليك، المعروف أيضًا باسم الفينول، والذي كان يستخدم لتطهير مياه الصرف الصحي. وكان يستخدم حامض الكاربوليك لغسل أدواته الجراحية والضمادات التي يضعها على الجسم عندما يصاب بجروح. واخترع في وقت لاحق جهاز رش حامض الكربوليك على جسم المريض وأيدي الجراح أثناء العملية. عندما قارن ليستر مرضاه مع مرضى أولئك الجراحين الذين لا يستخدمون أساليبه (الليسترينية)، أو مع مرضاه قبل اختراع طريقته الليسترينية، وجد أن الكثير منهم قد نجوا من عملياتهم. فلم يتوفوا من العدوى الموجودة في موقع إجراء العملية وانتشرت في الدم. أثبت باستور في تجاربه لدحض التوليد التلقائي، أن (الجراثيم) كانت تتنقل عبر الهواء من خلال جسيمات الغبار. كان ليستر يقتل هذه الجراثيم باستخدامه حامض الكربوليك.

ومثلما قام روبرت كوخ بإجراء تحسينات على أدوات مختبر باستور، فإنه سيطورً الجراحة المطهرة التي اخترعها ليستر. كان ليستر يهدف إلى قتل أي جراثيم مسببة للمرض في الجروح. كانت جراحة كوخ المعقمة تمنعها من الدخول إلى الجرح في المقام الأول. اخترع كوخ جهاز الأوتوكلاف، وهو جهاز يستخدم البخار الساخن جدًا لتعقيم الأدوات الجراحية. سمحت الجراحة المعقمة للجراحين بالدخول بأمان إلى تجاويف الجسم (الصدر

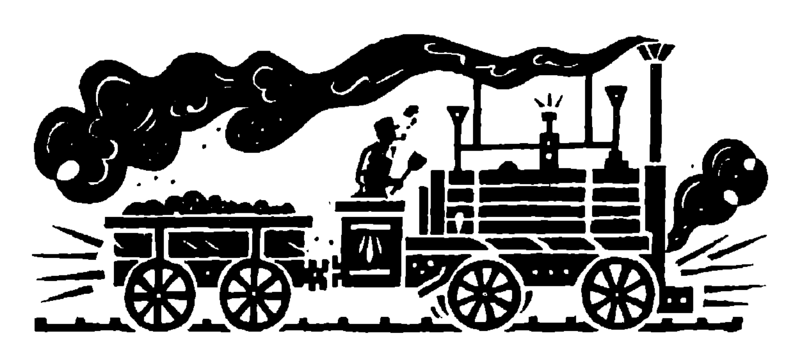
والبطن والدماغ) للمرة الأولى. وجلبت تدريجيًا إلينا مسرح العمليات الحديثة، مع العباءات الجراحية والأقنعة والقفازات المطاطية والمعدات المعقمة.

إلى جانب النظافة الحديثة، لم يكن بالإمكان إجراء جراحة بدون تخدير. الذي تمّ إدخاله إلى الطب في أربعينيات القرن التاسع عشر، في أميركا. كان التخدير انتصارًا لاستخدام الكيمياء في مجال الطب من الأدوية، حيث أن المركبات التي تمّ اختراعها لجعل الناس في وضعية أشبه بالنوم - مثل الأثير والكلوروفورم - كانت مواد كيميائية مصنوعة في المختبر. (كان أوكسيد النيتروز الذي استخدمه همفري ديفي مخدرًا مبكرًا آخر) إن إزالة الألم الشديد، وفي بعض الأحيان الموت، عند إجراء عمليات الجراحة والولادة بدا ليس أقل من معجزة. واحد من رواد التخدير البريطانيين كان جون سنو، الذي كسب شهرته من مرض الكوليرا. بلغت مهنة سنو في التخدير ذروتها عندما قام بتخدير الملكة فيكتوريا، أثناء ولادة طفليها الأخيرين. أدركت الملكة، التي انجبت من قبل سبعة أطفال بدون تخدير، إنه كان شيئًا جميلاً.

ساعد فهم الجراثيم في جعل الجراحة المتقدمة ممكنة. كما قدم للأطباء وسائل لفهم الأمراض المعدية التي تسببت في الكثير من الألم والموت طوال تاريخ البشرية. أصبح هناك الآن أساس علمي لإكتشاف إدوارد جينر للتطعيم للحماية من أمراض معينة. هذه الحقن كانت تستحق العناء، حتى لو كانت تؤلم في ذلك الوقت، لأنها توفر الأمل في أنه إذا تمّ تطعيم كل شخص، يمكن

السيطرة على العديد من الأمراض المعدية. نحن نعرف الآن الكثير عن الجراثيم أكثر من زمن باستور وكوخ. ونحن ندرك أكثر، كما سيخبرنا الفصل 36، كيف أن هذه البكتيريا والفيروسات والطفيليات قابلة للتكيف والتملص. لقد تمكنت من التكيف مع الأدوية والعلاجات التي ابتكرها الأطباء، وتقاومها – وهذا درس في التطوّر الدارويني. إنها تنجو لأنها تتكيف، وهو الدرس الذي كان داروين أول من تعلمه.

الفصل الثامن والعشرون



الطاقة والمحركات

أبيع هنا، يا سيدي، ما يريده العالم كله (القوة). لقد عرف المهندس ماثيو بولتون (1728 - 1809) ما كان يتحدث عنه. في السبعينيات من القرن السابع عشر، كان بولتون وغيره من الرجال الطموحين، مثل المخترع جيمس وات (1736 - 1819)، يستخدمون المحركات البخارية في التعدين والتصنيع. يبدو إنهم قاما بترويض الطاقة أو القوة. قاد هؤلاء الرجال الثورة الصناعية في بريطانيا، وهي أول دولة تعرف التصنيع وتطوّر نظام المصنع. كانت ثورة يقودها التقدم العلمي، واعتمدت على زيادات هائلة في الطاقة لتصنيع البضائع بسرعة كبيرة ونقلها على نطاق واسع. إن عالمنا الحديث لا يمكن تصوره بدون طاقة - بل الكثير منها. وقد بدأ كل شيء بالبخار.

المحركات البخارية نفسها بسيطة للغاية. يمكنك رؤيته وهو يعمل في كل مرة تغلي فيها قدرًا من الماء له غطاء: قوة البخار تضغط على الغطاء لإخراج البخار وجعله يهتز. تخيل الآن بدلاً من القدر أن لديك اسطوانة مغلقة مع ثقب صغير في أحد طرفيها. تمّ تركيب مكبس متحرك فيه (أي قرص ينطبق بشكل سلس على الأسطوانة، مع مقبض يتحرك بشكل سلس داخل التجويف). إن ضغط البخار المنفلت سيجبر المكبس على رفع وتحريك أي شيء قد يكون مرتبطًا به: ربما يكون قضيبا يحتوي على عجلات قطار ملحقة به. لذا فإن المحرك البخاري يحوّل طاقة البخار إلى حركة: طاقة ميكانيكية. يمكن لهذا المحرك القيام بعمل مفيد، مثل تحريك شيء يضم مجموعة من المحركات أو سحب الكثير من المياه من منجم.

لم يخترع بولتون ولا وات المحرك البخاري: فقد كانا موجودين منذ أكثر من مئة عام. لكن النماذج الأولى كانت بدائية وغير أمينة وغير فعالة. واط، على وجه الخصوص، كان العقل المدبر وراء تحسين المحرك. نموذجه لم يوفر فقط الطاقة التي ساعدت بريطانيا على التصنيع، بل قاد العلماء أيضًا إلى البحث في قانون الطبيعة الأساس. ساعدهم ذلك على رؤية أن الحرارة ليست مادة، كما كان يعتقد لافوازييه، بل هي شكل من أشكال الطاقة.

من بين الأشخاص عميقي التفكير الذين كانوا يدرسون المحركات أثناء الثورة الصناعية، ظهر رجل واحد متميز من بين تلك الحشود. كان هذا هو المهندس الفرنسي الشاب، سادي كارنو

(1796 – 1832). كانت المنافسة بين الفرنسيين والبريطانيين في ذلك الوقت على أشدّها. كان كارنو يدرك أن البريطانيين قد احرزوا تقدماً في تصميم المحركات البخارية واستخدام القوة التي ولدوها. كان يريد من فرنسا اللحاق بالركب، وبينما كان يراقب عمل المحركات البخارية، اكتشف مبدأ علميًا أساسيًا. له علاقة بكفاءة محرك البخار.

إذا كان المحرك البخاري فعالاً تماماً، فإنه سيحول جميع الطاقة اللازمة لغلي الماء إلى قوة ميكانيكية تقوم بدفع المحرك. يمكنك قياس كمية الحرارة الناتجة عن حرق الفحم أو الخشب لتكوين البخار، ثم قم قياس الطاقة، أو الحركة التي قام بتوليدها المكبس. إذا كان المحرك فعالاً تماماً، فسيكونان متطابقين تماماً. للأسف، من المستحيل بناء محركات فعالة للغاية.

تحتوي جميع المحركات على ما يطلق عليه مستنقع الحرارة، أو (الحوض)، حيث يجمع البخار المبرد والماء بعد القيام بعملهما. يمكنك قياس درجة حرارة البخار الداخلي ودرجة حرارة البخار (أو الماء) المتبقي في نهاية كل دورة. تكون درجة الحرارة الخارجة من الحوض، أقل دائماً مما كانت عليه حين دخلت. أظهر كارنو إنه يمكنك استخدام الفرق بين درجتي الحرارة لحساب كفاءة المحرك. إذا كانت الكفاءة المثالية تسجل 1، فإن الكفاءة الفعلية هي 1 ناقص درجة الحرارة في الحوض (الخارجة) مقسوماً على درجة الحرارة في المصدر (الداخلة). الطريقة الوحيدة لإحرازدرجة 1 التي تمثل الكفاءة المثالية هي أن يقوم المحرك

باستخراج كل الحرارة من البخار. حينها ستكون النسبة بين ما دخل وخرج تساوي صفرًا 1 – 1=0 سيعطينا ذلك.

لكي يحدث ذلك، يجب أنْ يكون أحد قياسات درجة الحرارة إما صفرًا أو ما لا نهاية: فإما أنْ يدخل البخار الساخن ذو درجة الحرارة اللا نهائية إلى الحوض أو يخرج منه ذو (الصفر المطلق) (أدنى درجة حرارة ممكنة نظريًا، والتي سننظر فيها أدناه). ولا شيء من ذلك ممكن، لذلك الكفاءة هي دائمًا أقل من المثالية.

كما تلخص معادلة كارنو البسيطة، التي تهدف إلى قياس كفاءة المحركات، قانونًا عميقًا للطبيعة. وهذا يفسر لماذا تتم الإشارة إلى الآلات (ذات الحركة الدائمة) في بعض الأحيان في روايات الخيال العلمي فقط، لأنها لا يمكن أنْ توجد أبدًا في العالم الحقيقي. يجب علينا دائـمًا استخدام الطاقة لإنتاج الطاقة – على سبيل المثال، علينا حرق الفحم أو بعض الوقود لتسخين المياه في المقام الأول. في العقدين الخامس والسادس من القرن التاسع عشر، كان هناك علماء آخرون يعملون على هذه الحقيقة الأساسية للطبيعة. كان أحدهم فيزيائي ألماني يدعى، رودولف كلاوسيوس (1822 – 1888)، الذي قضى معظم حياته يبحث في كيفية تدفق الحرارة في الأوضاع التجريبية التي يتم التحكم فيها بعناية. للقيام بذلك، أوجد مفهومًا جديدًا في الفيزياء: هو الانتروبيا. الانتروبيا هي مقياس لمدى اختلاط (الأشياء المبعثرة) بالأشياء الموجودة في النظام. من الأسهل كثيرًا مزج الأشياء بدلًا من تفكيكها إذا قمت بخلط اللون الأبيض مع

الطلاء الأسود، فستحصل على طلاء رمادي. إن عملية الخلط سهلة، لكن من غير الممكن فصلها عن بعضها والحصول على الدهانات السوداء والبيضاء النقية مرة أخرى. إذا كنت تحرك الحليب والسكر في قدح الشاي الخاص بك، يمكنك استعادة السكر إذا كنت تريد الكثير من المتاعب، ولكن الحصول على الحليب مرة أخرى أمر مستحيل. لا تختلف الطاقة عن بعضها: فبمجرد حرق الفحم، لا يمكنك استخدام الحرارة التي أنتِجت لاستعادة الفحم.

بالنسبة للناس في القرن التاسع عشر، كانت الإنتروبيا فكرة محبطة. أعلن كلاوسيوس إن الكون أصبح أكثر اختلاطًا، لأن الإنتروبيا هي الحالة الطبيعية. عندما تمتزج المواد، يتطلب الأمر المزيد من الطاقة لفرزها، تمامًا كما يتطلب الأمر المزيد من الطاقة لتنظيف الغرفة مقارنة بالطاقة اللازمة لجعلها غير مرتبة ووفقًا لكلوسيوس، فإن الكون يتداعى ببطء، ونقطة النهاية ستكون كونًا يتم فيه توزيع المادة والطاقة بالتساوي عبر كل الفضاء. حتى شمسنا سوف تموت في النهاية، في حوالي خمسة مليارات سنة، ومعها، الحياة على الأرض. في غضون ذلك، بطبيعة الحال، تتحدى النباتات والحيوانات والبشر ومنازلنا وأجهزة الكمبيوتر الخاصة بنا نقطة النهاية النهائية لنظرة كلوسيوس. وكما يقول المثل القديم: «اصنع التبن عندما تشرق الشمس».

بينما كان الفيزيائيون والمهندسون قلقون بشأن تأثيرات الإنتروبيا، كانوا يبحثون في ماهية الطاقة بالضبط. الحرارة هي

شكل مهم من أشكال الطاقة، لذلك فإن دراسة الطاقة تُدعى (ثيرموديناميكس) وهي كلمة تجمع بين الكلمتين اليونانيتين (للحرارة) و(القوة). في العقد الخامس من القرن التاسع عشر توصل العديد من الناس لاستنتاجات مماثلة حول العلاقات بين مختلف أشكال الطاقة. كانوا يراقبون مجموعة متنوعة من الأشياء. ماذا يحدث عندما يتجمد الماء أو يغلي؟ كيف تستطيع عضلاتنا رفع الأوزان؟ كيف تمكنت المحركات البخارية من استخدام بخار الماء الساخن لإنتاج شيء لا يمكنهم صنعه؟ (تم افتتاح أول خط سكة حديدية عامة، تسير عليها محركات بخارية، في شمالي إنكلترا في عام 1825). وبعد أن بحثوا الأمر من هذه الزوايا المختلفة، لقد ادركوا جميعًا أنه لا يمكن إنتاج الطاقة من لا شيء، ولا يمكن جعلها تختفي تمامًا، كل ما يمكن القيام به مع الطاقة هو جعلها تتحول من شكل إلى آخر. في بعض الأحيان، يمكنك إجراء هذا التغيير للقيام ببعض الأعمال لك بشكل مستمر. أصبح هذا المبدأ يعرف بمبدأ حفظ الطاقة.

أراد فيزيائي من مانشستر يدعى ج. ب. جول (1818 – 1889) فهم العلاقة بين الحرارة والعمل. ما مقدار الطاقة التي يتطلبها القيام ببعض العمل؟ في سلسلة من التجارب الرائعة، أظهر إن الحرارة والعمل مرتبطان بشكل مباشر بطرق يمكن التعبير عنها رياضيًا. أنت تستخدم الطاقة للقيام بعمل معين (لركوب الدراجة، على سبيل المثال)، والحرارة هي شكل شائع من أشكال الطاقة. فكر في التسلق إلى قمة الجبل. نحن نستخدم الطاقة في

كل مرة نقوم فيها بتحريك عضلاتنا. ونحصل على هذه الطاقة من الطعام الذي نأكله ونهضمه، باستخدام الأوكسجين الذي نتنفسه من أجل (حرق) السعرات الحرارية في طعامنا. الآن، قد يكون هناك طريقان إلى قمة الجبل، أحدهما شديد الانحدار، والآخر أكثر تدرجًا ما أثبته جول هو إنه، من حيث الطاقة اللازمة، لا يهم أي مسار تتخذه. قد يجعلك المسار الحاد تعاني من ألم في العضلات، ولكن كمية الطاقة التي تستخدمها في تحريك كتلة جسمك من الأسفل إلى الأعلى هي نفسها، أيًا كان المسار الذي تتخذه، أو ما إذا كنت تجري أو تسير. ما زال الفيزيائيون يتذكرون اسم جول. ويتم إرفاقه بعدة قياسات، بما في ذلك وحدة الطاقة أو الحرارة.

حاول الناس منذ فترة طويلة قياس مقدار الحرارة التي يحتوي عليها الجسم، أي درجة حرارته. كان غاليلو (الفصل 12) قد ابتكر شيئًا اسمه الثيرمو سكوب المنظار الحراري وهو أداة تتغير مع زيادة درجة الحرارة. سمح هذا المنظار الحراري بأن ترى أن الأمور تزداد سخونة أو برودة؛ يسمح لك مقياس الحرارة بوضع رقم على درجة الحرارة. ما زلنا نستخدم محاولتين مبكرتين في ابتكار مقياس درجات الحرارة. اخترع أحدها الفيزيائي الألماني دانييل غابرييل فهرنهايت (1686 - 1736)، الذي استخدم الثرمومترات التي تحتوي على كل من الزئبق والكحول. في مقياسه، يتجمد الماء عند 32 درجة، وتكون درجة حرارة جسمنا العادية 98,6 درجة.

أما اندرياس سيليزيوس (1744 - 1701) فقد اخترع مقياسه باستخدام نقطتي غليان وانجماد الماء، حيث تمّ تعيين درجة الانجماد عند صفر درجة، أما الغليان فيبلغ 100 درجة. ويقوم مقياسه الحراري بقياس درجات الحرارة بين هاتين النقطتين. ما يزال هذان المقياسان جزءًا من حياتنا اليومية، من معرفة درجة الحرارة المناسبة لعمل المعجنات، إلى الشكوى من الطقس.

اخترع الفيزيائي الاسكتلندي وليام طومسون (1824 - 1907) مقياسًا آخر. كان مهتمًا بشكل خاص بكيفية عمل الحرارة وأشكال الطاقة الأخرى في الطبيعة. كان أستاذًا في جامعة غلاسكو، وحصل في وقت لاحق على لقب اللورد كلفن. يعرف مقياس درجة الحرارة الخاص به باسم مقياس كلفن أو ك. كان مقياسه يعمل باستخدام قياسات دقيقة للغاية ومبادئ علمية. مقارنة مع مقياس كلفن فان المقياس السيليزي والفهرنهايتي يمكن اعتبارها نوعًا من مقاييس درجات الحرارة الأولية.

نقطة تحديد مقياس كلفن هي (النقطة الثلاثية للمياه). يحدث هذا عندما تكون حالات الماء الثلاث - الجليد (الصلبة) والماء (السائل) وبخار الماء (الغاز) - في حالة (التوازن الحراري الديناميكي). يمكن أن يحدث التوازن الديناميكي الحراري في نظام تجريبي، عندما تكون المادة معزولة عن البيئة المحيطة بها يتم تثبيت درجة الحرارة والضغط. ثم لا يوجد أي تغيير في حالة المادة وليس هناك طاقة تخرج من النظام أو تدخل إليه. النقطة الثلاثية من المياه هي عندما يتم الاحتفاظ بحالاته الصلبة والسائلة

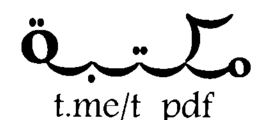
والغاز في توازن مثالي. بمجرد تغيير درجة الحرارة أو الضغط عندها يتم فقدان التوازن أو الاستقرار.

في المقياس المئوي والفهرنهايتي، تصبح درجات الحرارة بإشارة ناقص عندما يكون الجو باردًا جدًا. لابد إنك سمعت خبراء الأرصاد الجوية وهم يقولون إن درجة الحرارة (ناقص اثنين أو ثلاث درجات). لا توجد أرقام سلبية في مقياس كلفن. ينجمد الماء في درجة 16 ,273 كلفن (بالمقارنة مع صفر درجة في المقياس المئوي و32 درجة في مقياس فهرنهايت). ويحصل على برودة أكثر في الطريق إلى صفر كلفن صفر، ولكن هنا صفر تعني صفر في الواقع أو (صفر مطلق). في درجة الحرارة الباردة المستحيلة هذه، تتوقف كل الحركة وكل الطاقة. وتمامًا مثل المحرك ذو الكفاءة العالية، لا يمكننا الوصول إلى هذا الوضع.

ساعد كلفن وآخرون على شرح كل من الجوانب النظرية والعملية لجميع أنواع المحركات. ومع تقدم القرن التاسع عشر، أصبحت الاكتشافات الثلاثة المبينة في هذا الفصل هي القانون الأول والثاني والثالث للديناميكا الحرارية: الحفاظ على الطاقة، (قانون) الإنتروبيا، والثبات المطلق للذرات عند الصفر المطلق. تساعدنا هذه القوانين على فهم الأشياء المهمة المتعلقة بالطاقة والعمل والقوة.

لم يستطع العالم الحديث الحصول على ما يكفي من طاقته الجديدة: لأجل تشغيل المصانع، والسفن، والقطارات، وأخيرًا السيارات التي ظهرت مع اقتراب حياة كيلفن من نهايتها.

استخدمت القطارات والسفن البخارية الحرارة من الفحم في أفرانها لإنتاج البخار لتشغيل المحركات. لكن السيارات تعتمد على نوع جديد من المحركات: محرك الاحتراق الداخلي. كان هذا يحتاج إلى وقود سريع الاشتعال يسمى البترول أو الغازولين تمّ اكتشافه قرب نهاية القرن التاسع عشر. سوف يصبح البترول أحد أهم المنتجات في القرن المقبل. والآن، في الألفية الجديدة، ما زال واحدًا من أكثر الموارد التي يتم الصراع عليها وتزداد شحته في العالم.



الفصل التاسع والعشرون



الجدول الدوري للعناصر

في كل مرة نخلط فيها عدة مواد لنصنع نوعًا من الخبز، فإننا نقوم بعدة تفاعلات كيميائية. إن المحلول الفوار الذي نغرق به غلاياتنا لغرض جليها يعتبر تفاعلاً كيميائيًا بالنسبة لنا. زجاجات المياه البلاستيكية التي نحملها، والملابس الملونة التي نرتديها، أصبحت متاحة بسبب المعرفة الكيميائية المكتسبة على مدى مئات السنين.

أصبحت الكيمياء حديثة في القرن التاسع عشر. دعونا نلخص الموضوع قليلاً. في بداية القرن، تبنى الكيميائيون فكرة دالتون الأصلية عن الذرة، كما قرأت في الفصل 21. ثم قاموا بخطوات واسعة في إبتكار لغة خاصة يفهمونها جميعًا، أيا كان البلد الذي جاءوا منه. كان لديهم نظام الرموز للعناصر، مثل

H_2 لذرتين من الهيدروجين. واتفق الجميع على أن الذرة هي أصغر وحدة في المادة. واستخدموا كلمة عنصر للتعبير عن المادة المتكونة من نوع واحد من الذرات (الكربون، على سبيل المثال). والمركب لمادة مكونة من عنصرين أو أكثر من العناصر المتحدة معًا كيميائيًا. يمكنك تحليل المركبات إلى عناصرها الأولية (يمكن تحليل مركب الأمونيوم إلى عنصري النيتروجين والهيدروجين)، ولكن بمجرد وصولك إلى العناصر الفردية، لا يمكنك تحليل أي شيء منها.

على الرغم من أن الذرات لم تكن على شكل كرات صغيرة صلبة كما أشار دالتون، كان من الصعب للغاية تحديد ما كانت عليه بالضبط. وبدلاً من ذلك، بدأ الكيميائيون يكتشفون الكثير عن كيفية تصرف الذرات عند تفاعلها مع ذرات أو مركبات أخرى. كانت بعض العناصر ببساطة غير مهتمة بالتفاعل مع الأخرى، بغض النظر عن كل ما تفعله. قد يتفاعل البعض معًا بعنف بحيث يجب عليك الحذر من الانفجار. لكن في بعض الأحيان، يمكنك الحصول على رد فعل إذا ساعدتها على بدء التفاعل. يمكن وضع الأوكسجين والهيدروجين معًا في قارورة ولا يحدث شيء. إذا قمت بإشعال شرارة، عليك أن تنتبه! على الرغم من الانفجار المثير الذي يحدث، لا ينتج عن التفاعل أي شيء غير مألوف أكثر من الماء. على الجانب الآخر، إذا وضعت المغنيسيوم والكربون معًا في قارورة مفرغة من الهواء، يمكنك تسخينها للأبد ولن يحدث شيء. ما أنْ تسمح بمرور

قليل من الهواء، سوف يستقبلك الضوء الساطع والكثير من الحرارة المروعة.

كان الكيميائيون على معرفة بهذه التفاعلات الكيميائية المختلفة. كما أصبح ينتابهم الفضول لمعرفة ما يتسبب في ذلك والأنماط التي تمّ الكشف عنها في المختبر. كانوا يقومون بتجاربهم بطريقتين رئيستين: التجميع والتحليل. التجميع هو وضع العناصر معًا: تبدأ بعناصر مفردة أو مركبات بسيطة، وعندما تتفاعل هذه مع بعضها، تنظر إلى النتائج – في ما تمّ إجراؤه. التحليل هو الاتجاه المعاكس: تبدأ بالمركب الأكثر تعقيدًا، افعل شيئًا لتجزئته، ومن خلال النظر إلى النواتج النهائية، حاول أنْ تفهم المركب الذي بدأت به. بدأت هذه الطرق تعطي الكيميائيين فكرة جيدة عن العناصر التي تتكون منها العديد من المركبات البسيطة. كان من الأسهل إنشاء مركبات أكثر تعقيدًا، بإضافة أجزاء جديدة إلى مواد كانت لديهم فكرة جيدة عنها.

من كل هذه التجارب، أصبح شيئان واضحان بشكل خاص. أولاً، كما رأينا، كان يبدو أن العناصر نفسها كانت لها إما ميول إيجابية أو سلبية. كما يقول المثل القديم، الأضداد تتجاذب. على سبيل المثال، الصوديوم، وهو عنصرموجب بشكل طبيعي، يجمع بسهولة مع الكلور، وهو عنصر سلبي، لتكوين كلوريد الصوديوم (وهو ليس إلّا ملح الطعام الذي نرشه فوق الطعام).

تلغي الإيجابية والسلبية بعضها البعض، لذلك فان الملح هو مادة محايدة. جميع المركبات الثابتة (تلك التي لا تتغير ما لم يتم فعل شيء لها) تكون محايدة حتى وإن كانت مكونة من عناصر لم تكن بالضرورة كذلك. الجمع بين الصوديوم والكلور هو مثال على التركيب. يمكنك إجراء تحليل كيميائي للملح الذي قمت بتركيبه. قم باذابة الملح في الماء، قم بوضع المحلول في مجال كهربائي مع قطبيه الموجب والسالب، وسوف يتجزأ. سيهرع الصوديوم إلى القطب السالب، ويركض الكلور نحو القطب الموجب. أقنعت مئات من التجارب المماثلة الكيميائيين بأن ذرات هذه العناصر تمتلك بالفعل هذه الخصائص الإيجابية والسلبية. وتلعب هذه الخصائص دورًا أساسيًا في تحديد ما يحدث عندما تتفاعل العناصر مع بعضها البعض.

ثانيًا، قد تلتصق بعض مجموعات الذرات ببعضها البعض أثناء التجارب، ويمكن لهذه الذرات الجماعية أنْ تتصرف مثل وحدة واحدة. كانت تسمى هذه الوحدات بـ (الفعالة) وهي أيضًا إما أن تكون ذات شحنة موجبة أو سالبة. وهذه الوحدات ذات أهمية خاصة في الكيمياء العضوية، حيث توصل الكيميائيون إلى معرفة سلسلة كاملة من المركبات المترابطة (وكلها تحتوي على الكربون)، مثل الأثير والكحول والبنزين ومجموعة البنزين هي واحدة من مجموعاتها الرائعة التي لها تركيب يشبه الحلقة. كان العديد من الكيميائيين متلهفين على محاولة تصنيف هذه المجموعات العضوية، لفهم العناصر التي صنعت منها وكيف

تفاعلت – لأسباب ليس أقلها أن الكثير من المواد أصبحت ذات قيمة للصناعة. وعلى نحو متزايد، لم يعد يتم تصنيع هذه المواد الكيميائية الصناعية في مختبرات صغيرة، ولكن في المصانع. كان الطلب ينمو على الأسمدة، والدهانات، والأدوية، والأصباغ، ولا سيّما منذ خمسينيات القرن التاسع عشر حيث بدأ يزداد الطلب على، المنتجات النفطية. وولدت الصناعة الكيميائية الحديثة، وأصبحت الكيمياء مهنة، وليس مجرد انغماس في الفضول أو طلب الثراء.

العناصر أيضًا لها خصائصها الكيميائية والفيزيائية الفريدة الخاصة بها. ومع اكتشاف المزيد والمزيد منها، اكتشف الكيميائيون أنماطًا معينة. يبدو أن الذرات الفردية لبعض العناصر، مثل الهيدروجين والصوديوم أو الكلور، أرادت فقط أن تتحد مع ذرات أخرى منفردة. على سبيل المثال، تمّ دمج ذرة واحدة من الهيدروجين وأخرى من الكلور لصنع حمض قوي، هو حمض الهيدروكلوريك (HCl) وكان يبدو أن ذرة واحدة أخرى، مثل الأوكسجين، والباريوم والمغنيسيوم لها قدرة على مضاعفة الدمج مع ذرات أو جذور أخرى، ولذا يتطلب الأمر ذرتين من الهيدروجين لتتحد مع الأوكسجين لصنع الماء. كانت بعض العناصر أكثر مرونة، وكانت هناك دائمًا استثناءات جعلت من الصعب وضع أي قواعد ثابتة وسريعة. كذلك تباينت العناصر (النشطة) في حرصها على الدخول في التفاعلات الكيميائية. كان الفوسفور نشطًا لدرجة إنه كان يجب معالجته بعناية. وكان

السيليكون بطيئًا عموما وأقل خطورة بكثير. اختلفت العناصر بشكل كبير في خصائصها الفيزيائية أيضًا. في درجات الحرارة العادية، كان الهيدروجين والأوكسجين والنيتروجين والكلور من الغازات؛ وكان الزئبق والصوديوم من السوائل. وكانت معظم المواد صلبة بشكل طبيعي كالمعادن مثل الرصاص والنحاس والنيكل والذهب. العديد من العناصر الأخرى، وفي مقدمتها الكربون والكبريت، واللذين تمت دراستهما بشكل مكثف، كانا عادة في حالة صلبة. ضع معظم المواد الصلبة في فرن عادي ستذوب بسهولة، وفي بعض الأحيان تتبخر (تتحول إلى غاز). ومن السهل تبخير الزئبق والصوديوم السائلين (رغم إنهما خطرين). لم يتمكن الكيميائيون في القرن التاسع عشر من الحصول على درجات حرارة كافية لتحويل الغازات مثل الأوكسجين والنيتروجين إلى سوائل، وأقل صلابة. لكنهم اعترفوا بأن مشكلتهم كانت مشكلة تقنية فقط. من حيث المبدأ، يمكن أن يوجد كل عنصر في كل حالة من الحالات الثلاث للمادة: الصلبة والسائلة والغازية.

بحلول خمسينيات القرن التاسع عشر، كانت الكيمياء في سن الرشد، وفي هذه الفترة المثيرة كان هناك الكثير من الجدل حول الأوزان النسبية للذرات، وكيفية ارتباط الجزيئات (مجموعات الذرات) ببعضها البعض، والاختلافات بين المركبات (العضوية) و(غير العضوية). وأشياء أخرى كثيرة. في عام 1860، حدث شيء ساعد في إنشاء كيمياء حديثة. كان شيئًا يبدو اليوم عاديًا

تمامًا، ولكنه كان غير اعتيادي في ذلك الوقت: إنه عقد مؤتمر دولي. في الأيام التي سبقت الاتصال بالهاتف والبريد الإلكتروني والسفر السهل، كان العلماء نادرًا ما يجتمعون ويتواصلون في الغالب عن طريق الرسائل. إن الاستماع إلى عالم آخر من الخارج يتحدث عن عمله، يعقبه مناقشة مفتوحة، كان حدثًا نادرًا. بدأت الاجتماعات الدولية تعقد في الخمسينيات من القرن التاسع عشر، ساعد على ذلك سهولة السفر المتاح بالقطار والباخرة، وسمحت للعلماء الإلتقاء والتحدّث مع زملائهم من الدول الأخرى. وأعلنوا فيه للعالم عن إيمانهم المشترك على نطاق واسع:

إن العلم بحد ذاته كان موضوعيًا ودوليًا، فوق الدين والسياسة، التي غالبًا ما كانت تقسم الناس وتضع دولاً كاملة في حالة حرب مع بعضها البعض.

استمر انعقاد تجمع الكيمياء لعام 1860 لمدة ثلاثة أيام في كارلسروه، في ألمانيا. جاء العديد من الكيميائيين الشباب الرائدين من جميع أنحاء أوروبا إلى هناك، بينهم ثلاثة قاموا بتوجيه الكيمياء لبقية القرن. وضعت أهداف الاجتماع من قبل الألماني أوغست كيكوله (1829 – 1896) لقد أراد أن يوافق الكيميائيون من بلدان مختلفة على الكلمات التي ينبغي عليهم استخدامها لتحديد المواد التي يعملون بها، وطبيعة الذرات والجزيئات. كان الكيميائي الصقلي المتقد حماسًا، ستانيسلاو كانييزارو (1826 – 1910)، قد دعا من قبل إلى عقد هذا الاجتماع، وشارك فيه بكل سرور. وكذلك فعل كيميائي روسي

متحمس، من سيبيريا، يدعى ديمتري إيفانوفيتش مندلييف (1834 – 1907). وناقش المندوبون اقتراحات كيكوله لمدة ثلاثة أيام، ورغم إنه لم يتم التوصل إلى اتفاق كامل، فقد تمّ زرع البذور لذلك الاتفاق.

في هذا الاجتماع، تم تقديم نسخ من مقال نشره كانيزارو في 1858 إلى العديد من المندوبين. وكان يحتوي على استعراض تاريخ الكيمياء خلال الجزء المبكر من القرن. ودعا الكيميائيين إلى التعامل بجدية مع عمل زميله أفوغادرو، الذي ميّز بوضوح بين الذرة والجزيء. جادل كانيزارو أيضًا إنه من الأهمية بمكان أن نحدد الأوزان الذرية النسبية للعناصر، وأظهر كيف يمكن القيام بذلك.

فهم مندلييف ما مطلوب منه. كان يدين بالكثير لأمه العظيمة، كان هو آخر أطفالها الأربعة عشر وأصرّت أنْ تأتي به من سيبيريا إلى سان بطرسبرغ، حتى يتمكن من تعلم الكيمياء بشكل صحيح. ومثل العديد من الكيميائيين البارزين في ذلك الوقت، ألف مندلييف كتابًا منهجيًا، استنادًا إلى تجاربه الخاصة وما كان قد علّمه لطلابه. ومثل كانيزارو، أراد وضع ترتيب معين للعديد من العناصر التي تمّ اكتشافها. وقد تمّ بالفعل الكشف عن عدة أنماط: فما كان يسمى عائلة (الهالوجين) – كالكلور والبروم واليود، على سبيل المثال – كانت تتفاعل بطرق متشابهة. ويمكن أيضًا أنْ يحل بعضها محل البعض الآخر في التفاعلات

الكيميائية. تشترك بعض المعادن، مثل النحاس والفضة، في ردود أفعالها.

بدأ مندلييف إدراج العناصر في قوائم حسب ترتيب الوزن الذري النسبي لها ما يزال استخدام الهيدروجين باسم (1). عرض أفكاره في عام 1869.

ما فعله كان أكثر من مجرد تجميع قائمة بالعناصر عن طريق الوزن الذري. فقد أنشأ جدولاً يحتوي على صفوف وأعمدة. يمكنك أن تقرأه صعودًا ونزولاً، ويمكن أنْ ترى العلاقة بين العناصر ذات الخصائص الكيميائية المماثلة. في البداية، كان جدوله الدوري، كما كان يطلق عليه، مختصر جدًا، وأولى القليل من الكيميائيين اهتمامًا كبيرًا به. وحينما شرع بملء الجدول، حدث شيء مثير للاهتمام: يبدو إنه كانت هناك عناصر مفقودة منتشرة هنا وهناك، يجب أنْ تكون المواد التي ينطوي عليها جدول أعماله موجودة، ولكن لم يتم اكتشافها. في الواقع، كان هناك عمود مفقود بالكامل في جدوله، تنبأ بها على أساس الأوزان الذرية النسبية لعناصره. وبعد مرور سنوات، تبين أن هذا العمود قد تمّ ملؤه بواسطة غازات غير تفاعلية – تسمى الغازات (النبيلة). ومثل النبلاء القساة الذين لا يختلطون اجتماعيا مع الناس الذين دونهم، كانت هذه الغازات بمعزل عن التفاعلات الكيميائية. تمّ اكتشاف أهمها فقط في تسعينيات القرن التاسع عشر، ولم يقبل مندليف النتائج في البداية. وسرعان ما أدرك أن الهيليوم والنيون

والأرجون، مع الأوزان الذرية التي تبين إنهم يمتلكونها، قد تنبأ بها جدوله الدوري.

في سنوات العقد الثامن والتاسع من القرن التاسع عشر، اكتشف الكيميائيون العديد من العناصر التي تنبأ بها مندلييف على أساس جدوله. وقد رفض العديد من الكيميائيين التكهنات المجنونة لتنبؤاته بأن العناصر التي تسمى في النهاية بالبريليوم والغاليوم يجب أنْ تكون موجودة. ومع بدء سد الثغرات التي حددها تدريجيًا، بات الكيميائيون يقدرون قوة جدول مندلييف. كان يوجههم لاكتشاف عناصر جديدة في الطبيعة. كما كان يشرح كيف يبدو كل عنصر وكيف يتفاعل مع المواد الكيميائية الأخرى. ما بدأ كمحاولة من مندلييف لمجرد فهم العناصر أنتج وسيلة رائعة لفهم تصرفات الطبيعة. الجدول الدوري معلق الآن في الفصول والمختبرات الكيميائية في جميع أنحاء العالم.

خلال معظم سنوات القرن التاسع عشر، كان الكيميائيون مهتمين بالتركيب الكيميائي: أي الذرات والعناصر الفعالة التي تؤلف مركبات محددة. بدأ صاحب العقل المدبر الذي كان وراء انعقاد هذا المؤتمر الكيميائي الدولي الأول، وهو أوغست كيكوله، في المضي قدمًا.

وتشجيع العلماء على أنْ يسعوا إلى فهم البنية الكيميائية. تعتمد الكيمياء والبيولوجيا الجزيئية اليوم على العلماء الذين يعرفون كيفية ترتيب الذرات والجزيئات في المادة: كيف يكون ترتيبها جميعًا وماهي الأشكال التي تكونها. سيكون من المستحيل

البحث عن عقاقير جديدة بدون هذا الفهم، وقد كان كيكوله رائدًا في ذلك. وتحدّث عن حلم رأى فيه سلسلة من ذرات الكربون تلتف حول نفسها، مثل ثعبان يعض ذيله. وهذا ألهمه لواحد من أعظم نظرياته عن البنزين، وهو مركب من الهيدروجين والكربون، والذي لديه تركيبة حلقة مغلقة. يمكن إضافة المواد أو العناصر الفعالة في نقاط مختلفة حول الحلقة، وكان هذا تقدمًا مهمًا في الكيمياء العضوية.

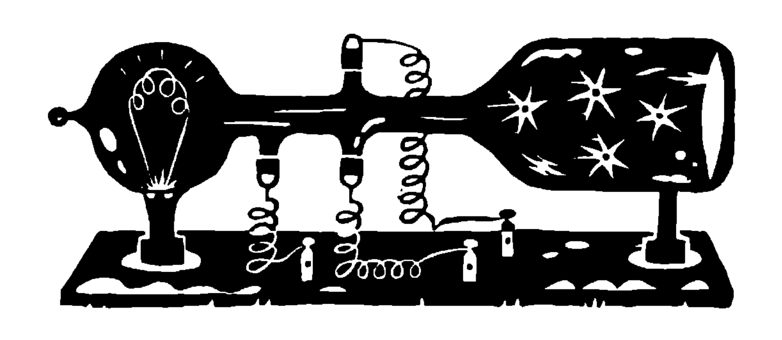
الأحلام شيء. والعمل الشاق الصعب شيء آخر. أمضى كيكوله العديد من الساعات في مختبره، يقوم بالتجارب. لقد أوجد الكيمياء العضوية - كيمياء مركبات الكربون - وقام بتدريس العالم الكيميائي كله كيفية تصنيفها في أسرتها الطبيعية. كان مفتونًا بمرونة الكربون في الانضمام إلى مواد كيميائية أخرى. كان غاز الميثان، الذي تمّ استخدامه على نطاق واسع للحرارة والضوء، هو $CH4$ عبارة عن ذرة كربون واحدة متصلة بأربعة ذرات يمكن أنْ تتحد ذرتان من الأوكسجين مع ذرة كربون، مما يعطينا ثاني أوكسيد الكربون $CO2$.

مما يظهر أن مزايا الذرات هذه لا تتغير من خلال حقيقة أن الكربون والأوكسجين يمكن دمجهما كذرات مفردة لتكوين، أول أوكسيد الكربون القاتل.

ابتكر الكيميائيون كلمة لوصف أنماط الانضمام هذه: وهي التكافؤ. ويمكن استخلاصه من موقع كل عنصر في الجدول الدوري لمندلييف. إنهم تكهنوا لماذا كان هذا هو الحال. لم يتحقق

الفهم الحقيقي إلّا من خلال اكتشاف الفيزيائيين، للبنية الداخلية للذرة، وللإلكترون. وهكذا ربط الإلكترون الذرة الكيميائية بالذرة التي كان يدرسها الفيزيائيون، والفصل التالي سيحكي هذه القصة.

الفصل الثلاثون



ماذا يوجد في داخل الذرة؟

أحب الكيميائيون الذرة فهي التي تشترك في التفاعلات الكيميائية. وهي التي لديها موقع محدد داخل المركبات. وهي التي لديها خصائص يتم تحديدها بشكل تقريبي حسب مكانها في الجدول الدوري. يكون لكل ذرة ميل إلى أنْ تكون إما سلبية أو إيجابية في علاقاتها مع الذرات الأخرى، وأنْ يكون لها أنماط للارتباط تسمى التكافؤ. كما عرف الكيميائيون الفرق بين ذرة واحدة وتجمع الذرات في جزيئات (مجموعة ذرات مرتبطة ببعضها). وأدركوا إنه في حين أن معظم الذرات تشعر بالسعادة لوجودها كذرات منفردة، فان بعض الذرات - الهيدروجين والأوكسجين - على سبيل المثال، موجودة بشكل طبيعي في

الشكل الجزيئي H_2 أو O_2 كما تمّ قياس الأوزان النسبية للذرات، حيث يكون الهيدروجين دائما 1، بدقة متزايدة.

ومع ذلك، فإن أيًا من هذا لم يعط الكيميائيين أدنى فكرة عن البنى الدقيقة للذرات، ووجدوا إنهم يستطيعون التلاعب بالذرات في مختبراتهم، لكنهم لم يستطيعوا أنْ يعرفوا الكثير عن وحدات المادة هذه.

خلال معظم سنوات القرن التاسع عشر، انصب معظم اهتمام الفيزيائيين على أشياء أخرى: كيف يتم الحفاظ على الطاقة، وكيف يمكن قياس الكهرباء والمغناطيسية، وطبيعة الحرارة، ولماذا تتصرف الغازات على هذا النحو. تتضمن النظرية التي وضعها علماء الفيزياء للغازات – التي تسمى النظرية الحركية للغازات – أيضًا البحث في الذرات والجزيئات. لكن علماء الفيزياء، مثل علماء الكيمياء، اتفقوا على أنه على الرغم من أن النظرية الذرية كانت مفيدة للغاية في شرح ما رأوه وقياسه، كان من الصعب فهم الطبيعة الحقيقية للذرات.

أول علامة على أن الذرات لم تكن مجرد أصغر وحدة من المادة جاءت مع الاكتشاف العميق لأحد مكوناتها، وهو الإلكترون. وقد أظهرت التجارب بالفعل أن الذرات يمكن أنْ تمتلك شحنات كهربائية، لأن التيارات الكهربائية في المحلول اجتذبت بعض الذرات إلى القطب الموجب والبعض الآخر إلى القطب السالب. لم يكن الفيزيائيون متأكدين من أن الخواص الكهربائية للذرة لعبت أي دور في التفاعلات الكيميائية. لكنهم قاسوا شحنتها

الكهربائية ووجدوا إنها تكون ذات وحدات محددة، تمّ تسمية هذه الوحدات باسم (إلكترونات) في عام 1894، مباشرة بعد أن بدأ العالم طومسون (1856 – 1940) في كمبريدج باستخدام أنبوب الكاثود في تجاربه.

أنبوب الكاثود بسيط للغاية. من المدهش، حقًا، أن شيئًا بسيطًا جدًا يمكنه إخبارنا عن البنية الأساسية للذرة والكون. يمتص هذا الأنبوب معظم الهواء ويدفعه للخارج لخلق فراغ جزئي، وتوضع الأقطاب الكهربائية عند كل نهاية من نهاياته. عندما يتم إرسال تيار كهربائي من خلال الأنبوب، تحدث جميع أنواع الأشياء المثيرة للاهتمام، بما في ذلك إنتاج الأشعة (الإشعاعات). الإشعاعات هي عبارة عن تيارات من الطاقة أو الجزيئات، وتكون تلك المصنوعة في أنبوب الكاثود في الغالب من جسيمات سريعة الحركة ومشحونة. بدأ طومسون وزملاؤه في مختبرات كافنديش في قياس الشحنة الكهربائية ووزن بعض هذه الإشعاعات. حاولوا أنْ يقرروا كيف يرتبط هذان القياسان ببعضهما. في عام 1897، اقترح طومسون أن هذه الأشعة عبارة عن تيارات من جسيمات فرعية غير مشحونة: تدعى بتات من الذرات. وقدر إنها لا تزن سوى جزء صغير من أخف ذرة وهي الهيدروجين. لقد استغرق الأمر عدة سنوات من الفيزيائيين للاتفاق على أن طومسون قد وجد الإلكترون بالفعل – وأنه يمثل وحدة الشحنة التي كان هو والآخرون قد قاموا بقياسها منذ بعض الوقت.

إذن، تحتوي الذرات على إلكترونات. وماذا تحتوي كذلك؟ جاء الجواب تدريجيًا، من خلال نتائج عدد كبير من التجارب التي أُجرِيت على أنبوب الكاثود. أصبحت الفراغات داخل الأنبوب أفضل، ويمكن تمرير التيارات الكهربائية الأقوى من خلالها. من بين أولئك الذين استغلوا هذه التطورات الفنية كان النيوزيلندي إرنست رذرفورد (1873 - 1937). أحد طلبة تومسون سابقًا والذي كان متميزا، ومتعاونًا وحل محله في النهاية في مختبرات كافنديش في كامبريدج، حدد رذرفورد وتومسون في أواخر التسعينيات من القرن التاسع عشر، نوعين مختلفين من الأشعة التي يبعثها اليورانيوم، وهو عنصر اكتسب أهمية كبيرة لدى الفيزيائيين.

يمكن أنْ ينحني أحد أشعة اليورانيوم في مجال مغناطيسي؛ والآخر لا يستطيع الانحناء. ولأن رذرفورد لا يعرف ما كانا عليه، أطلق عليهما ببساطة أشعة (ألفا) و(بيتا) أي حرفي (أ) و(ب) باللغة اليونانية. وظلت هذه الأسماء عالقة في الذهن. استمر رذرفورد في إجراء تجاربه مع كلا هذين الشعاعين الغريبين لعقود من الزمن. اتضح إنه ليس فقط عنصر اليورانيوم، ولكن مجموعة كاملة من العناصر، تبعث (تبث) هذه الأشعة. لقد أحدثت هذه العناصر ضجة كبيرة في السنوات الأولى من القرن العشرين، وهي ما تزال مهمة لغاية اليوم. وهي ما تعرف بالعناصر (المشعّة)، وعناصر اليورانيوم والراديوم والثوريوم هي الأكثر شيوعًا بينها

بشكل شائع. عندما بدأ العلماء بالتحقيق في خصائصها المميزة، تعلموا أشياء مهمة حول البنية الذرية.

كانت (شعاعات ألفا) أشعة أساسية. ويطلق عليها أيضًا اسم جسيمات (ألفا) وما يميزها إنها تكون ضبابية في بعض الأحيان في عالم الفيزياء الذرية الصغير جدًا والسريع جدًا. قام رذرفورد وزملاؤه بتسليطها على صفائح معدنية رقيقة جدًا لقياس ما يحدث. عادة، تمر الجسيمات من خلال الصفائح المعدنية. ولكن في بعض الأحيان، ترتد إلى الوراء. تخيّل دهشة رذرفورد عندما أمعن النظر فيما حدث. كان الأمر كما لو أنه أطلق كرة مدفعية ثقيلة على لوح ورقي، واكتشف إنها عادت وارتدت نحوه. ما قصدته التجربة هو أن جسيم ألفا قد واجه جزءًا كثيفًا جدًا من الذرات التي كانت تؤلف الصفائح المعدنية. كانت هذه المنطقة الكثيفة هي نواة الذرة. أظهرت تجاربه أن الذرات تتكون في الغالب من فراغ، وهذا هو السبب في أن معظم جسيمات ألفا مرت من خلالها مباشرة. وإنها ارتدت فقط عندما اصطدمن بكتلة شديدة الكثافة في مركز النواة.

أظهر المزيد من العمل أن النواة ذات شحنة موجبة. بدأ علماء الفيزياء يشكون في أن الشحنة الموجبة للنواة متوازنة مع شحنة الإلكترونات السالبة، وأن الإلكترونات تدور حولها في المساحة الخالية إلى حد كبير والمحيطة بالنواة.

يعتبر رذرفورد الآن مؤسس الفيزياء النووية. في عام 1908 فاز بجائزة نوبل في الكيمياء لاكتشافاته. تمّ تسمية هذه الجوائز

على اسم مؤسسها السويدي. وأصبحت أرفع جائزة في العلوم بعد تأسيسها في عام 1901، والفوز بها كان هدف العديد من العلماء الطموحين. كان رذرفورد ماهرًا في العثور على طلاب وزملاء متميزين، وحصل العديد منهم على جوائز نوبل أيضًا.

كان نيلز بور (1885 – 1962) من الدنمارك واحدًا من هؤلاء. لقد أخذ فكرة رذرفورد بأن كتلة الذرة متمركزة تقريبًا في نواتها الصغيرة وطبق نظرية جديدة ومثيرة تسمى الفيزياء الكوانتية ليطور شيئًا يسمى (ذرة بور) في عام 1913. كان هذا نموذجًا يصوّر ما يجري في داخل الذرة، باستخدام أفضل المعلومات التي كان لدى العلماء في ذلك الوقت. لقد تصوّر إن للذرة بنية مشابهة لنظامنا الشمسي، مع وجود الشمس / النواة في المنتصف، وأن الكواكب / الإلكترونات تدور حولها في مداراتها. في نموذج بور، أعطى وزن النواة المشحونة إيجابيًا للذرة وزنها الذري، وبالتالي مكانها في الجدول الدوري. تتكون النواة من بروتونات مشحونة إيجابيًا. كلما كانت الذرة أكثر ثقلاً، كانت البروتونات أكثر في النواة. يجب أنْ يتطابق عدد البروتونات والإلكترونات بحيث تكون الذرة ككل محايدة كهربائيًا. كانت الإلكترونات تدور حول النواة في مدارات مختلفة، وكان ذلك هو المكان الذي جاء منه (الكم). وكان من بين الأجزاء الرائعة من الحزمة الكاملة للأفكار التي أطلق عليها العلماء (فيزياء الكم)، فكرة أن الأشياء في الطبيعة تأتي على شكل، حزم فردية مميزة (الكمات). (سنبحث قصة الكم في الفصل 32). يمكن أنْ

تكون هذه الأشياء كتلة أو طاقة أو أي شيء يخطر على بالك. في نموذج بور، يدور الإلكترون في حالة كمية مختلفة وفردية. إن الإلكترونات القريبة من النواة تنجذب إليها بقوة أكبر. أما تلك الأبعد، فهي أقل ارتباطًا، وهذه هي الإلكترونات التي تكون جاهزة للمشاركة في التفاعلات الكيميائية أو لتوليد الكهرباء أو المغناطيسية.

إذا كان كل هذا يبدو صعبًا نوعًا ما – حسنًا. فإن بور عرف ذلك. لكنه عرف أيضًا أن النموذج الذي اخترعه سمح للفيزيائيين والكيميائيين بالتحدث بنفس اللغة. والتي بنيت على أسس التجارب التي أجراها علماء الفيزياء، ولكنها ذهبت إلى حد بعيد في تفسير ما لاحظه الكيميائيون في مختبراتهم الخاصة. وقد ساعد نموذج بور على وجه الخصوص، في شرح سبب تصرف العناصر في الجدول الدوري على هذا النحو، مع اختلاف أنماط الاتحاد، أو التكافؤ. أولئك الذين اتحدوا منفردين فعلوا ذلك لأن لديهم فقط إلكترون واحد (حر). وهناك آخرون لديهم أنماط مختلفة بسبب عدد الإلكترونات (الحرة) التي لديهم. لقد أصبح نموذجه للذرة أحد رموز العلم الحديثة، حتى وإن كنا نعرف الآن إن الذرة أكثر تعقيدًا حتى من فكرة بور.

طرحت كل أنواع الأسئلة الجديدة. أولاً، كيف يمكن أنْ تتواجد البروتونات المشحونة إيجابيًا في الفضاء الضيق الذي هو نواة الذرة؟ مع شحنة كهربائية، متنافرة معها، لأن الأضداد تتجاذب (لنتذكر قطبي المغناطيس). فلماذا لا تبتعد البروتونات

بعضها عن بعض، ولماذا لا يتم امتصاص الإلكترونات؟ ثانيًا، كانت أخف ذرة معروفة هي ذرة الهيدروجين، لذلك دعونا نفترض أن الهيدروجين، بوزنه الذري 1، يتكون من بروتون واحد وإلكترون لا وزن له تقريبًا. هذا يعني أنه من المعقول أن نفترض أن البروتون له وزن ذري 1. لماذا إذن لا ترتفع الأوزان الذرّية للذرات في الجدول الدوري في تدفق ثابت وسلس: 1، 2، 3، 4، 5 وهلم جرا؟

كان يجب أنْ ننتظر الإجابة على أول لغز حتى يتم تطوير ميكانيكا الكم. تمّ حل اللغز الثاني، حول الطفرات في تسلسل الأوزان الذرية، بشكل أسرع بكثير، من قبل زميل آخر لرذرفورد، هو العالم جيمس تشادويك (1891 – 1974). في عام 1932، أعلن تشادويك عن نتائج تجارب القصف. منذ رذرفورد، كانت هذه الطريقة أداة حيوية للفيزيائيين في العمل على بنية الذرة. كان تشادويك يرسل سيلاً من جسيمات ألفا إلى معدنه المفضل، البريليوم. وجد أن البريليوم يبعث أحيانًا جسيمًا ذو وزن ذري واحد، دون شحنة. استخدم اسم رذرفورد للجسيم – النيوترون – لكن سرعان ما أصبح واضحًا إنه ليس ببساطة مجرد بروتون وإلكترون مجتمعين، كما كان يعتقد رذرفورد، ولكنه جسيم أساس في الطبيعة.

كان النيوترون نوعًا من الحلقة المفقودة للفيزيائيين، يوضح أوزانًا ذرية محيرة ومواقع في الجدول الدوري. استمر تمثيل مندلييف لعناصر الأرض في إثبات جدارته في رسم صورة

المواد الأساسية لكوكبنا. كما قاد اكتشاف النيوترون على يد تشادويك إلى اكتشاف النظائر المشعة. في بعض الأحيان يكون لذرات نفس العنصر أوزان ذرية مختلفة - إذا كان لديها عدد مختلف من النيوترونات، وهي هذه الجزيئات المحايدة في نواة الذرة. النظائر هي بالتالي ذرات من نفس العنصر مع أوزان ذرية مختلفة. حتى الهيدروجين يمكن أنْ يكون له وزن ذري 2 بدلاً من 1، عندما يكون له نيوترون مع بروتون واحد. فاز تشادويك بجائزة نوبل لاكتشافه النيوترونات وما يمكن أنْ تفعله، بعد ثلاث سنوات فقط من اكتشافه لها.

كان النيوترون أداة قوية لقصف نوى الذرات الأخرى. إذا لم يكن هناك شحنة موجبة أو سالبة، فليس من الطبيعي أنْ تصدها نواة الذرة الموجبة بشدة، مع بروتوناتها المرتبطة بإحكام. أدرك تشادويك ذلك، ورأى إنه إذا كنت ستقوم بتحطيم الذرات، فإنك تحتاج إلى آلة يمكنها تسريعها إلى سرعات وطاقات عالية: وهي السيكلوترون أو سنكروترون. وتستخدم هذه المجالات المغناطيسية القوية جدا لدفع الذرات وجسيماتها بسرعة تقارب سرعة الضوء. للقيام بهذا النوع من الأبحاث، غادر تشادفورد جامعة كامبردج إلى جامعة ليفربول، لأنه حصل على أموال لبناء سيكلوترون. هناك رأى أن تحطيم النيوترونات عالية السرعة في الذرات الثقيلة، مثل اليورانيوم، يمكن أن يولد طاقات هائلة. إذا تمّ تسخير مثل هذه الطاقات، فإنها يمكن أنْ تبدأ تفاعلاً متسلسلاً يؤدي إلى نتيجة طفيفة: الانشطار الذري، أي انقسام

الذرة. كانت القنابل الذرية التي صنعت واستخدمت لإنهاء الحرب العالمية الثانية نتيجة لهذا العمل، وكان تشادويك كبير ممثلي الجانب البريطاني من هذا المشروع.

اعتقد الكثيرون أن اكتشاف تشادويك للنيوترون حل مشاكل تراكيب الذرات (الوحدات الأساسية في الكون). لكنهم كانوا مخطئين. كانت هناك العديد من المفاجآت التي لم يتم اكتشافها بعد. ومع ذلك، فإن الفهم الأساسي للإلكترون والبروتون والنيوترون قد اشتمل على فيزيائيين لديهم عدة موجات وجسيمات، مثل أشعة ألفا وبيتا وغاما.

كان عليهم أنْ يفهموا الظواهر الغامضة الأخرى، مثل الأشعة السينية، واكتشاف أن الطبيعة استبدلتها بتلك الحزم الصغيرة، المسماة الكمات. الفيزياء النووية والفيزياء الكوانتية: كانت هذه مجالات الفيزياء التي أصبحت في طليعة المعرفة في معظم سنوات القرن العشرين.

الفصل الحادي والثلاثون



النشاط الإشعاعي

هل سبق أنْ تعرضت إلى كسر في أحد عظامك أو ابتلعت شيئًا ما عن طريق الخطأ؟ إذا حدث معك ذلك، فستحتاج إلى أخذ صورة بالأشعة السينية حتى يستطيع الطبيب أنْ يرى ما في داخل جسمك دون الحاجة إلى فتحه. الأشعة السينية هي أمر روتيني في يومنا هذا. لكنها كانت في نهاية القرن التاسع عشر، تخلق شعورًا رائعًا. كانت الأشعة السينية أول نوع من الإشعاع يتم استخدامه، حتى قبل فهم معنى الإشعاع بشكل صحيح. ومن ثم جاء النشاط الإشعاعي والقنابل الذرية في وقت لاحق.

في ألمانيا، ما تزال الأشعة السينية تسمى أحيانًا باشعة رونتغن نسبة إلى العالم ويلهلم رونتغن (1845 - 1923).

ورغم إنه لم يكن أول من رأى قوتها لكنه كان أول من أدرك ماذا يعني الذي رآه غالبًا ما يكون العلم على هذا النحو: لا يكفي أنْ نرى الأشياء ببساطة – يجب أنْ نفهم مانراه.

في تسعينيات القرن التاسع عشر، كان رونتغن، إلى جانب العديد من الفيزيائيين الآخرين (لنتذكر ج. ج. تومسون؟) يجرون تجاربهم مع أنبوب أشعة الكاثود. في 8 تشرين الثاني 1895، لاحظ ظهور صورة فوتوغرافية غير واضحة المعالم، على بعد مسافة من أنبوب أشعة الكاثود.

كانت مغطاة بورق أسود، وفي ذلك الوقت افترض العلماء إن أشعة الكاثود ليس لها تأثير لمسافة بعيدة. أمضى رونتغن الأسابيع الستة التالية في دراسة ما كان يحدث. ولاحظ علماء آخرون نفس الشيء ولكنهم لم يفعلوا أي شيء حياله. اكتشف أن هذه الأشعة الجديدة ذهبت في خط مستقيم، ولم تتأثر بالمجالات المغناطيسية. وعلى عكس أشعة الضوء، لم يكن بالإمكان أنْ تنعكس أو تنحني بواسطة العدسات الزجاجية. لكنها تمكنت من اختراق المواد الصلبة، بما في ذلك يد زوجته! فكانت أول من يأخذ صورة بالأشعة السينية، وكان يمكن رؤية خاتم زفافها بوضوح مع عظام أصابعها. لم يكن يعرف بالضبط ما كانت هذه الأشعة، أطلق عليها ببساطة (الأشعة السينية). بعد ستة أسابيع من العمل الشاق، أخبر العالم. أحدثت الأشعة السينية مفاجأة مدوّية. وعلى الفور تمّ استخدامها في المجالات الطبية، في تشخيص العظام المكسورة أو تحديد موقع الرصاصة التي

تصيب الجسم وأشياء أخرى لا ينبغي أنْ تستقر داخل الجسم. تمْ استخدام بعض الأشياء التي لها علاقة بالأشعة السينية على الفور من قبل عامة الناس. كانت الملابس الداخلية (المقاومة للأشعة السينية) سريعة البيع. ناقش الفيزيائيون ما هي الأشعة السينية بالضبط. بعد أكثر من عقد من البحوث الإضافية، تبين أن الأشعة السينية هي إشعاع بطول موجي غير عادي وطاقة عالية. في وقت مبكر، لاحظ العاملون في المختبر إن الأشعة السينية يمكن أن تلحق الضرر بالجسم البشري، مما يتسبب في ظهور الحروق، لذلك تمّ استخدامها لمحاولة قتل الخلايا السرطانية في وقت مبكر من عام 1896. استغرق الأمر وقتًا أطول للناس حتى يدركوا مدى خطورتها، وتوفي العديد من الباحثين الأوائل بسبب التسمم الإشعاعي، أو سرطان الدم المسمى باللوكيميا. وكانت الأشعة السينية السبب في ذلك وكذلك محاربة السرطان.

وفي حين كان رونتغن يعمل مع الأشعة السينية، تمّ اكتشاف نوع آخر من الإشعاع - النشاط الإشعاعي، كان هذه المرة في فرنسا. كان هنري بيكريل (1852 - 1908) يدرس التوهج، والطريقة التي تتوهج بها بعض المواد، أو تصدر الضوء بشكل طبيعي. كان يستخدم مركبًا من اليورانيوم يقوم بفعل ذلك. عندما اكتشف أن هذا المركب يؤثر على الصور الفوتوغرافية، تمامًا كما فعلت الأشعة السينية لرونتغن افترض إنه اكتشف مصدرًا آخر لهذا الشعاع الغامض. لكن بيكريل اكتشف في عام 1896 أن أشعته لم تتصرف مثل أشعة رونتغن لقد كانت نوعًا مختلفًا

من الإشعاع، ليست لها تلك التأثيرات المثيرة الواضحة للأشعة السينية التي يمكن (رؤيتها) على الملابس أو الجلد، ولكنها ما تزال تستحق نظرة أخرى.

في باريس، تمّ التعامل مع هذا التحدي من قبل فيزيائيين مشهورين هما الزوجان، بيير وماري كوري (1859 – 1906؛ 1867 – 1934). في عام 1898، حصل الزوجان كوري على طن من مادة خام تشبه القطران تحتوي على بعض اليورانيوم. وبينما كانوا يستخرجون اليورانيوم النقي نسبيًا، أحرق النشاط الإشعاعي أيديهم. كما اكتشفوا عنصرين مشعّين جديدين، أطلقا عليهما اسم الثوريوم والبولونيوم، وسمي الأخير نسبة إلى بولندا البلد الأصلي لماري. ولما كانت هذه العناصر لها خصائص مشابهة لمادة اليورانيوم، فقد بدأ العلماء حول العالم يكثفون من جهودهم لمعرفة المزيد عن أشعتهم القوية التي اكتشفوها. كانت هذه هي أشعة بيتا (تيارات من الإلكترونات)؛ وأشعة ألفا (التي كشف عنها رذرفورد عام 1899 لتكون ذرات هيليوم بدون إلكترونات، وذات شحنة موجبة)؛ وأشعة غاما التي بدون شحنة ولكن تبيّن فيما بعد إنها إشعاع كهرومغناطيسي مشابه للأشعة السينية. كان الزوجين كوري أبطالًا حقًا في إخلاصهم للعلم. بعد مقتل بيير في حادث سير، واصلت ماري عملها، على الرغم من قيامها بواجب رعاية طفليهما الصغيرين.

تم تحقيق الوعد القديم للخيمياء، لرؤية تحوّل عنصر إلى آخر، عن طريق اكتشاف النشاط الإشعاعي. تقريبًا، لأن حلم الخيميائي كان تحويل الرصاص أو بعض المعادن العادية الأخرى إلى ذهب؛ ما فعله النشاط الإشعاعي هو تحويل اليورانيوم إلى رصاص، أي تحويل معدن نفيس إلى معدن عادي! ومع ذلك. يمكن أنْ تقوم الطبيعة بعمل ما حلم به الخيميائيون.

مثل الأشعة السينية، كان للنشاط الإشعاعي استخدامات طبية مهمة. الراديوم، وهو عنصر مشع آخر اكتشفته ماري كوري، كان ذا قيمة خاصة. فبإمكان اشعته أنْ تقتل خلايا السرطان. ولكن، مثل الأشعة السينية، يؤدي النشاط الراديوي أيضًا إلى الإصابة بالسرطان إذا كانت الجرعة مرتفعة جدًا. توفي العديد من العاملين الاوائل به، بمن فيهم ماري كوري، من آثار الإشعاع، قبل وضع إرشادات السلامة المناسبة. وفازت ابنتها، إيرين، بجائزة نوبل الخاصة بها للعمل في نفس المجال، وتوفيت في وقت مبكر من سرطان الدم الذي قتل والدتها.

إن اليورانيوم والثوريوم والبولونيوم والراديوم هي عناصرإشعاعية بشكل طبيعي. ماذا يعني هذا؟ هذه العناصر المشعة هي ما يسميها الفيزيائيون (بالثقيلة). وتكون نواتها مكتظة بالنيوترونات والبروتونات وهذا يجعلها غير مستقرة. إن عدم الاستقرار هذا هو الذي جعلنا نميزها كأشعة راديوية. وكان يطلق عليها ذات (الاضمحلال الإشعاعي) لأن هذه العناصر عندما تفقد الجسيمات، فإنها تتحلل حرفيًا، وتصبح

مختلفة وتشغل مكانًا مختلفًا في الجدول الدوري. استمرت دراسة هذا الاضمحلال بعناية في إطار العمل الحيوي لملء الفجوات المعرفية في الجدول الدوري.

كما إنها وفرت وسيلة قيّمة للكشف عن عمر الأحداث التي شهدتها الأرض، وهي عملية تسمى (التأريخ الإشعاعي). كان إرنست رذرفورد رائدًا في هذا التطوّر أيضًا، فقد أشار في عام 1905 بأن هذه التقنية ستساعد في تحديد عمر الأرض. وقد حسب الفيزيائيون المدة الزمنية التي تستغرقها نصف الذرات في عنصر مشع طبيعي (مثل اليورانيوم، على سبيل المثال) للتحلل بعيدًا عن منتجها النهائي، أي الصيغة المختلفة للعنصر الاصلي (الرصاص، في هذا المثال). تسمى هذه الفترة الزمنية بنصف عمر العنصر. يمكن أن يتراوح عمر النصف للعناصر من بضع ثوان إلى ملايين السنين. وبمجرد أنْ يعرف العلماء فترة نصف العمر للعنصر، فيمكنهم تحديد تأريخ حدث ما من خلال البحث في أحفورة أو صخرة (أي عينة طبيعية) لمعرفة كمية العنصر الأصلي وكمية العنصر المتحلل. والنسبة بين العنصرين ستخبرهم عمر العينة. أحد أشكال الكربون غير العادية مشع طبيعيًا ويمكن استخدام نصف عمره لمعرفة عمر البقايا المتحجرة للحيوانات والنباتات التي كانت تعيش في يوم من الأيام. جميع الكائنات الحية تتناول الكربون خلال حياتها. عندما تموت يتوقف هذا الأمر. لذلك فإن قياس كمية الكربون المشع في الأحافير يوفر إمكانية تحديد عمرها. يستخدم التأريخ الإشعاعي نفس المبدأ

لمعرفة عمر الصخور، مما يعطي إطارًا زمنيًا أطول بكثير. لقد غيّرت هذه التقنية دراسة الأحافير، لأنها لم تعد مجرد أكبر سنًا أو أصغر سنًا من بعضها - فنحن اصبحنا نعرف عمرها التقريبي.

سرعان ما رأى الفيزيائيون أن كميات هائلة من الطاقة كانت موجودة في الانبعاثات الإشعاعية. العناصر المشعة بشكل طبيعي مثل اليورانيوم، والأشكال المشعة للعناصر الشائعة مثل الكربون، التي كانت نادرة. ولكن عندما تقصف الذرات بجزيئات ألفا أو نيوترونات، يمكنك الحصول على العديد من العناصر التي تطلق طاقة النشاط الإشعاعي بشكل مصطنع. هذا أظهر مقدار الطاقة الكامنة في نواة الذرة. وكان اكتشاف كيفية الاستفادة من هذه الإمكانيات الموجّه والمحرك لعمل العديد من علماء الفيزياء على مدى المئة عام الماضية.

عندما تقوم بقصف ذرة وتجعلها تخرج جسيم ألفا من نواتها، فإنك تشطر الذرة وتجعلها عنصرًا مختلفًا.

هذا هو الانشطار النووي. ففيه فقدت النواة اثنين من البروتونات. البديل، هو الانصهار النووي، والذي يحدث عندما تمتص الذرة الجسيم وتحتل مكانًا جديدًا لها في الجدول الدوري. كلاً من الانشطار والانصهار يصاحبه تحريرًا للطاقة. ظهرت إمكانية الانصهار النووي في أواخر ثلاثينيات القرن العشرين من قبل الفيزيائيين الألمان والنمساويين، كانت من بينهم ليز مايتنر (1878 - 1968). حينما ولدت ميتنر كانت ديانتها هي اليهودية، ثم تحولت إلى المسيحية، لكنها اضطرت إلى

الفرار من ألمانيا النازية في عام 1938. ناقشت ميتنر اندماج ذرتين هيدروجين لتشكيل ذرة من الهليوم، العنصر التالي في الجدول الدوري. من دراسة الشمس والنجوم الأخرى، تبين أن تحويل الهيدروجين إلى الهليوم هو المصدر الرئيس للطاقة النجمية. (تم اكتشاف الهيليوم في الشمس قبل أن يتم العثور عليه في الأرض: تعرض ذراته أطوال موجية مميزة عند فحصها باستخدام جهاز يسمى المطياف). يحتاج هذا التفاعل إلى درجات حرارة عالية جدًا، وفي ثلاثينيات القرن العشرين لم يكن بالإمكان القيام به في المختبر -. لكن من الناحية النظرية، يمكنك صنع قنبلة هيدروجينية (قنبلة اندماجية) من شأنها أن تطلق كمية هائلة من الطاقة عندما تنفجر. في الثلاثينيات، كان البديل - الذري أو القنبلة الانشطارية - أكثر قدرة على القيام بذلك. بينما استمر النازيون في عدوانهم في أوروبا، بدت الحرب محتملة بشكل متزايد. عمل علماء في عدة بلدان، بما في ذلك ألمانيا، سرًا نحو إعداد مثل هذه الأسلحة المدمرة. كان من المحاولات المهمة في هذا اللهاث المروع نحو الحرب الشاملة ما كان يقوم به الفيزيائي الإيطالي إنريكو فيرمي (1901 - 1954). أثبت فيرمي ومجموعته البحثية أن قذف الذرات بواسطة نيوترونات (بطيئة) من شأنه أن يسبب الانشطار النووي المنشود. يتم تمرير النيوترونات البطيئة من خلال البارافين (أو مادة مشابهة) في الطريق إلى ذراتها المستهدفة. في هذه السرعة المخفّضة فإنها كانت أكثر عرضة للاستقرار في النواة، مما يؤدي إلى انشطارها. غادر فيرمي إيطاليا

في عام 1938 هربًا من نظامها الفاشي، الذي كان متعاطفًا مع النازيين. ذهب إلى الولايات المتحدة، كما فعل الكثير من أكثر العلماء إبداعًا (والكتاب والفنانين والمفكرين) في تلك الفترة. اليوم نتحدث في بعض الأحيان عن (هجرة العقول)، وهذا يعني أن أصحاب أفضل (العقول) يغادرون أوطانهم من أجل ظروف عمل أفضل في بلدان أخرى: نحو المزيد من المال، ومختبرات أكبر، وفرصة أفضل لعيش حياتهم كما يحلو لهم. فر الناس في أواخر ثلاثينيات وأوائل الأربعينيات من القرن الماضي لأنهم طردوا من وظائفهم وخافوا على أرواحهم. قام النازيون والفاشيون بالعديد من الأشياء المروعة. كما أنهم غيروا وجه العلم، وكانت بريطانيا والولايات المتحدة أكثر المستفيدين من هجرة الكفاءات القسرية.

في الولايات المتحدة، سينضم العديد من اللاجئين إلى (مشروع مانهاتن) شديد سرية. كان هذا واحدًا من أكثر المشاريع العلمية تكلفة على الإطلاق، لكن هذه الأوقات كانت عصيبة بشكل متزايد. بحلول أواخر الثلاثينيات من القرن العشرين، أقنعت التحسينات المثيرة في فهم العناصر المشعة العديد من علماء الفيزياء بأنهم قادرون على خلق انفجار نووي. كانت الصعوبة في السيطرة عليه. اعتقد البعض أنه سيكون خطيرًا للغاية: فالتفاعل المتسلسل الناتج سوف يفجر الكوكب بأسره. عندما أُعلن الحرب في عام 1939، اعتقد علماء الفيزياء في بريطانيا والولايات المتحدة الأميركية أن العلماء في ألمانيا واليابان سيستمرون في العمل من

أجل صنع قنبلة ذرية وأن على الحلفاء أن يفعلوا الشيء نفسه. وكتب عدد من العلماء إلى الرئيس الأميركي، فرانكلين روزفلت، يحثونه على الموافقة على قيام الحلفاء بالرد. وكان من بينهم ألبرت آينشتاين، العالم الأكثر شهرة، وهو أيضًا لاجئ من ألمانيا النازية.

وافق روزفلت. وشهدت المواقع في تينيسي وشيكاغو ونيو مكسيكو، تنسيق المكونات العديدة للخطوة المصيرية. تم تشغيل مشروع مانهاتن على طول الخطوط العسكرية. توقف العلماء عن نشر نتائجهم. وضعوا جانبًا القيمة الأساسية للعلوم في الانفتاح وتبادل المعلومات. فالحرب تغير القيم الإنسانية. لم تشرك أحدًا في هذا السر حتى مع روسيا الشيوعية، فرغم إنها كانت الحليف الرئيس للولايات المتحدة وبريطانيا، لكنهما لم يكن يثقان بها بعد في موضوع شديد السرية مثل موضوع القنابل النووية. وبحلول عام 1945، لم تكن الجهود الألمانية واليابانية والروسية لبناء القنابل النووية قد قطعت أشواطا متقدمة بعد، على الرغم من أن أحد العلماء في الولايات المتحدة قام بتزويد الروس سرًا بالمعلومات. لكن مشروع مانهاتن أنتج قنبلتين. أحدهما استخدمت اليورانيوم، والأخرى استخدمت البلوتونيوم، وهو عنصر مشع من صنع الإنسان. تم تفجير قنبلة اختبار أصغر في الصحراء الأميركية. ونجحت العملية. أصبحت القنابل جاهزة للاستخدام.

استسلمت ألمانيا في 8 أيار 1945، لذلك لم يتم إسقاط أي قنبلة في أوروبا. واصلت اليابان عدوانها في المحيط الهادئ.

الرئيس الأميركي الجديد، هاري ترومان، أمر بإلقاء قنبلة اليورانيوم على مدينة هيروشيما اليابانية في 6 أب.

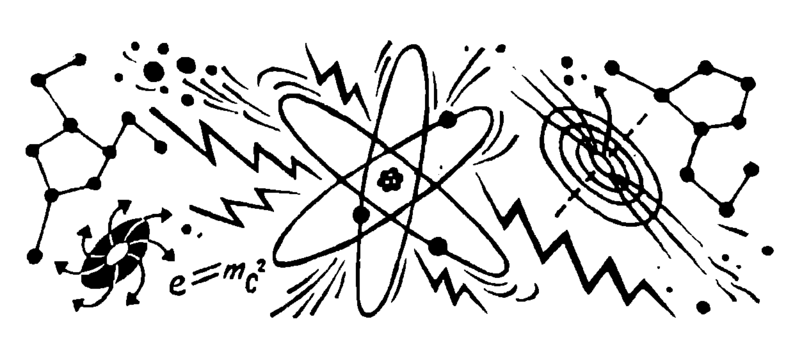
تم إطلاق القنبلة عن طريق إشعال قطعة يورانيوم تلو أخرى. ومع ذلك لم يستسلم اليابانيون. أمر ترومان بإلقاء قنبلة بلوتونيوم على مدينة يابانية ثانية هي، ناغازاكي، بعد ثلاثة أيام. هذا العمل أنهى الحرب أخيرًا حصدت القنبلتين أرواح حوالي 300، ألف شخص، معظمهم من المدنيين، واستسلمت اليابان. بات الجميع يدرك حينها القوة المذهلة للطاقة النووية. لقد تغير عالمنا إلى الأبد. لقد أدرك العديد من العلماء الذين صنعوا أسلحة الدمار الشامل هذه أن إنجازاتهم أنهت حربًا رهيبة، لكنهم كانوا قلقين بشأن ما صنعوه.

ما تزال القوة الهائلة للطاقة الذرية ذات أهمية في عالمنا. ولا زالت مخاطرها قائمة، أيضًا. استمر انعدام الثقة بين روسيا والولايات المتحدة بعد الحرب العالمية الثانية، وتطور إلى ما عرف (بالحرب الباردة). بنى كلا البلدين مخزونات ضخمة من الأسلحة النووية أو الذرية. لحسن الحظ، لم يتم استخدامها بعد، وعلى الرغم من أن المخزونات قد انخفضت على مر السنين، من خلال الاتفاقيات التي عقدت، إلّا أن الدول التي تمتلك أسلحة نووية قد زاد عددها.

كما تمّ استخدام أبحاث الفيزياء التي تمّ العمل بها خلال مشروع مانهاتن لخلق سيطرة أكثر تحكمًا بإنتاج الطاقة. يمكن للطاقة النووية توليد الكهرباء بجزء بسيط فقط من غازات

الدفيئة التي يتم إطلاقها عن طريق حرق الفحم وغيره من أنواع الوقود الأحفوري. على سبيل المثال تنتج فرنسا ما يقرب من ثلاثة أرباع طاقتها الكهربائية عن طريق الطاقة النووية. لكن أخطار الحوادث والمخاطر الناجمة عن الإرهاب جعلت الكثيرين يخشون من الطاقة النووية، رغم فوائدها. هناك أشياء قليلة في العلوم والتكنولوجيا الحديثة تعبر عن المزج بين السياسة والقيم الاجتماعية بشكل أفضل من السؤال: ماذا يجب أنْ نفعل بمعرفتنا للطاقة النووية؟

الفصل الثاني والثلاثون



آينشتاين الذي غيّر قواعد اللعبة

يشتهر ألبرت آينشتاين (1879 – 1955) بغرابة شعره الأبيض ونظرياته حول المادة والطاقة والفضاء والزمن. والمعادلة الشهيرة الطاقة =الكتلة مضروبة بمربع سرعة الضوء، E = mc2 قد تكون أفكاره صعبة الفهم بشكل مروع، لكنها غيّرت طريقة تفكيرنا في الكون. سُئل ذات مرة كيف يبدو مختبره. وردا على هذا السؤال في معرض اجابته، قام بإخراج قلمه الحبر من جيبه. لقد فعل هذا لأن آينشتاين كان منشغلا بالأمور الفكرية وليست العملية والتطبيقية. كان يعمل في المكتب أو على السبورة وليس في قاعات المختبرات.

ومع ذلك، فقد احتاج إلى نوع من المعلومات التي لا يمكن الحصول عليها إلّا عن طريق التجارب المختبرية، وسوف يعتمد

على وجه الخصوص على عمل الفيزيائي الألماني ماكس بلانك (1858 – 1947). كان بلانك مفكرًا وقام بإجراء العديد من التجارب. كان في الأربعين من عمره عندما قام باكتشافه الأساس في جامعة برلين. في تسعينيات القرن التاسع عشر بدأ العمل على مصابيح الإضاءة، ليرى كيف يمكنه إنتاج مصباح يعطي أقصى إضاءة ممكنة ولكنه يستخدم أقل قدر من الكهرباء. كان يستخدم في تجاربه فكرة (الجسم الأسود)، وهو جسم افتراضي يمتص كل ضوء يسلط عليه، ولا يعكسه. فكر في كم يسخن جسم الإنسان عندما يرتدي قميصًا أسود اللون تحت أشعة الشمس، وكيف يبرد عند ارتداء قميص أبيض: فالملابس السوداء تمتص الطاقة من أشعة الشمس. لذا، فإن الطاقة التي تأتي مع الضوء يمتصها الجسم الأسود. لكنه لا يمكنه ببساطة تخزين كل هذه الطاقة، فكيف يمكن أن يعيدها مرة أخرى؟

كان بلانك يعرف إن كمية الطاقة الممتصة تعتمد على طول الموجة الخاص (التردد) للضوء. قام بتسجيل قياساته الدقيقة جدًا حول الطاقة وطول الموجة ووضعها في المعادلة الرياضياتية التالية: $E = hv$ تساوي تردد طول الموجة مضروبًا برقم ثابت (E) الطاقة في هذه المعادلة. كان ناتج الطاقة الذي قام بلانك بقياسه عددًا صحيحًا دائمًا وليس كسرًا. كان هذا مهمًا لأن كونه رقمًا ثابتًا يعني أن الطاقة تنتج على شكل رزم صغيرة فردية. وأطلق على هذه الحزم الصغيرة تسمية (الكمات)، والتي لا تعني سوى الكمية. نشر أعماله في عام 1900، أي إنه قدم فكرة الكم إلى

القرن الجديد. وبذلك فان علوم الفيزياء، وكيف نفهم عالمنا، لم تعد أبدًا منذ ذلك الحين مثلما كانا عليه. كان الرقم الثابت (h) يسمى (ثابت بلانك) على اسمه تكريما له. وستثبت معادلته إنها بنفس أهمية E = mc2 معادلة آينشتاين الأكثر شهرة الطاقة تساوي الكتلة مضروبة في مربع سرعة الضوء استغرق الأمر من بعض الفيزيائيين بعض الوقت لتقدير الأهمية الحقيقية لتجارب بلانك. كان آينشتاين أحد الذين رأوا ما يقصده على الفور. في عام 1905، كان يعمل في مكتب براءات الاختراع في زيوريخ ككاتب، ويعمل بالفيزياء في وقت فراغه. في ذلك العام، قام بنشر ثلاث مقالات صنعت اسمه. في الأولى، والتي حصل على إثرها على جائزة نوبل في عام 1921، أخذ عمل بلانك إلى مستوى جديد. كان آينشتاين يفكر كثيرًا في إشعاع الجسم الأسود في بلانك، واستفاد من مفهوم الكم الذي ما يزال جديدًا، وبعد مزيد من التفكير، أظهر – من خلال بعض الحسابات الرائعة – أن الضوء كان ينتقل بالفعل في حزم صغيرة من الطاقة. كانت هذه الحزم تنتقل بشكل مستقل عن بعضها البعض على الرغم من أنها تشكل موجة. كان هذا اكتشافًا مذهلاً للفيزيائيين منذ أن قام توماس يونغ قبل قرن بتحليل الضوء في العديد من المواقف التجريبية كما لو كان موجة مستمرة.

كان بالتأكيد يتصرف عمومًا بهذه الطريقة، وكان هناك عامل شاب، ما يزال مغمورًا، يعمل في مكتب براءات الاختراع يقول إن الضوء يمكن أنْ يكون جسيم – فوتون، أو كم من الضوء.

كانت مقالة آينشتاين التالية لعام 1905 ثورية أيضًا. حيث عرض فيها نظريته الخاصة حول النسبية، والتي أظهرت أن جميع الحركة نسبية، أي إنه لا يمكن قياسها إلّا من خلال علاقتها بشيء آخر. إنها نظرية معقدة للغاية، ولكن يمكن تفسيرها ببساطة إذا كنت تستخدم خيالك. (كان آينشتاين من أعظم العلماء تفكيرًا بعمق في البيانات المعروفة وكان يستكشف، في ذهنه، ماذا يمكن أنْ يحدث إذا...؟). تخيل أن قطارًا يخرج من إحدى المحطات. في منتصف إحدى العربات يوجد مصباح كهربائي يضيء أو ينطفئ، يرسل وميضًا في نفس الوقت إلى الأمام وإلى الخلف تمامًا، وهو ما ينعكس في المرآة عند كل نهاية من نهايتي العربة. إذا كنت تقف تمامًا في منتصف العربة، سترى الضوء ينعكس من كلا المرآتين في نفس الوقت بالضبط. لكن شخصًا ما يقف على المنصة أثناء مرور القطار سيشاهد الومضات الواحدة تلو الأخرى. على الرغم من أن كلا الومضتين ما تزالان تضربان المرايا في وقت واحد، فإن القطار يتحرك للأمام، لذلك على المنصة سترى الومضة المنعكسة من المرآة الأبعد (في مقدمة العربة) قبل أنْ ترى تلك المنعكسة من المرآة الأقرب (في نهاية العربة). لذلك، على الرغم من أن سرعة الضوء ما تزال هي نفسها، لكن عندما ننظر إليه فان الأمر يختلف باختلاف - أو بالأحرى، نسبة إلى - سواء كان من يراه يتحرك أو ثابتًا في مكانه. جادل آينشتاين (بمساعدة بعض المعادلات المعقدة، بالطبع) أن الزمن هو بُعد أساسي للواقع. من الآن فصاعدًا، يحتاج الفيزيائيون إلى

التفكير ليس فقط في الأبعاد الثلاثة المألوفة للفضاء وهي الطول والعرض والارتفاع، بل أيضًا بالزمن.

أظهر آينشتاين أن سرعة الضوء ثابتة، بغض النظر عما إذا كانت تتحرك بعيدا عنا أو نحونا. (تختلف سرعة الصوت، وهذا هو السبب في أن صوت القطار يبدو مختلفًا اعتمادًا على ما إذا كنا نسمعه وهو يقترب أو يتحرك بعيدًا). لذلك لا تنطبق النسبية في النظرية النسبية الخاصة على هذه السرعة الثابتة للضوء. بدلاً من ذلك تحدث النسبية في المراقبين وفي حقيقة إنه يجب احتساب الزمن والزمن ليس بشكل مطلق ولكن بشكل نسبي. إنه يتغير أسرع عند السفر وكذلك تفعل ذلك الساعات التي تسجله لنا. هناك قصة قديمة عن رائدة فضاء سافرت بسرعة تقرب من سرعة الضوء وعادت إلى الأرض لتجد أن الزمن قد تغير. لقد كبر كل شخص كانت تعرفه ورحل عن العالم. لم تكن أكبر منهم بكثير عندما غادرت، ولكن مع تباطؤ ساعتها، فإنها لا تعرف طول المدة التي كانت فيها بعيدة. (هذه مجرد تجربة فكرية ويمكن أنْ تحدث فقط في الخيال العلمي).

كما لو أن ذلك لم يكن كافيًا، فإن معادلة آينشتاين الشهيرة E = mc2 جمعت الكتلة (m) والطاقة (E) و(c) تمثل سرعة الضوء. بطريقة جديدة وفي الواقع، أظهرت هذه المعادلة أن الكتلة والطاقة هما جانبان من المادة. بما أن سرعة الضوء هي عدد كبير جدًا، وعندما نقوم بتربيعه، يصبح أكبر من ذلك بكثير، يعني ذلك أن كمية صغيرة جدًا من الكتلة، إذا تم تحويلها بالكامل

إلى طاقة، ستكون طاقة كبيرة. حتى القنابل الذرية تحول جزءًا صغيرًا من الكتلة إلى طاقة. إذا تمّ تحويل الكتلة في جسمك بالكامل إلى طاقة، فسيكون لها قوة تساوي 15 قنبلة هيدروجينية كبيرة. لكن لا تخضْ غمار هذه التجربة أبدًا على مدى السنوات القليلة التالية، وسع آينشتاين من إطار تفكيره، وفي عام 1916 توصل إلى إطار أكثر عمومية للكون. هذه كانت نظريته العامة للنسبية. وعرض أفكاره حول العلاقة بين الجاذبية والتسارع، وبنية الفضاء. أظهر أن الجاذبية والتسارع كانا متساويين في الواقع. تخيل أنك تقف في مصعد، وقمت بإسقاط تفاحة من يدك: سوف تسقط على أرضية المصعد. الآن، إذا تركت التفاحة في نفس اللحظة بالضبط التي يقطع فيها شخص ما سلك المصعد، فسوف تسقط مع التفاحة. بالنسبة لك فإنها لم تتحرك فعليًا، حيث وقع كلاكما في نفس الوقت. في أي وقت، يمكنك ببساطة مسك التفاحة وتثبيتها. لن تصل التفاحة إلى الأرض أبدًا ما دام المصعد (وأنت) تستمران في السقوط. هذا بالطبع ما يحدث في الفضاء، حيث يكون رواد الفضاء ومركباتهم الفضائية في حالة سقوط حر.

أثبتت نظرية آينشتاين العامة للنسبية أن الفضاء، أو بالأحرى الزمكان، منحني. وقامت بتنبؤات عن العديد من الأشياء المحيرة التي واجه الفيزيائيون صعوبة في تفسيرها. وأشارت إلى أن الضوء ينحني قليلاً عندما يمر بالقرب من جسم كبير. كان ذلك بسبب أن الضوء (الذي يتكون من الفوتونات) له كتلة،

وأن الاجسام ذات الكتلة الأكبر من الضوء ستعمل على جذب الأجسام الأصغر كتلة. أظهرت القياسات التي إجرِيت خلال كسوف الشمس أن هذا ما يحدث بالفعل. كما كشفت نظرية آينشتاين عن الملامح الغريبة لدوران عطارد حول الشمس، التي لا تستطيع قوانين الجاذبية الأقل تعقيدًا التي اكتشفها نيوتن تفسيرها.

عمل آينشتاين مع الأشياء الصغيرة جدًا (مثل فوتونات الضوء الصغيرة) والكبيرة جدًا (الكون نفسه). وعرض طريقة جديدة لتجميعهم معًا وبذلك فقد ساهم في نظرية الكم فضلاً عن عرض أفكاره الخاصة بالنسبية. ساعدت هذه الأفكار، والرياضيات التي تقف وراءها، في تحديد طريقة تفكير الفيزيائيين حول الأشياء الكبيرة والصغيرة. لكن آينشتاين لم يوافق على العديد من التوجهات الجديدة التي أخذت بها الفيزياء. ولم يفقد أبدًا إيمانه بأن الكون (مع ذراته وإلكتروناته وجسيماته الأخرى) يعمل وفق نظام السبب والنتيجة. وقال عبارته الشهيرة (الله لا يلعب بالنرد). كان يعني أن الأشياء تحدث دائمًا في أنماط منتظمة، يمكن التنبؤ بها. لم يوافق الجميع على ذلك، وتوصل علماء الفيزياء الآخرون الذين أعتنقوا أفكار بلانك في نظرية الكم إلى استنتاجات مختلفة.

شغل الإلكترون مكانًا مركزيًا في الكثير من الأعمال المبكرة الأخرى التي تتعلق بنظرية الكم. شرح الفصل 30 نموذج نيلز بور للذرة حسب نظرية الكم الذي عرضه في عام 1913. حيث

أثبت أن الإلكترونات تدور في مدارات ثابتة ذات طاقات محددة تتأرجح حول النواة المركزية. تمّ إنجاز الكثير من العمل في محاولة تفسير هذه العلاقات رياضياتيًا. لم تنجح الرياضيات العادية. لحل هذه المشكلة، تحولً علماء الفيزياء إلى رياضيات المصفوفات. في الرياضيات العادية، ناتج ضرب 2 × 3 هو نفسه ناتج ضرب 3 × 2. أما في رياضيات المصفوفات، فإن الأمر ليس هكذا دائمًا، وقد سمحت هذه الأدوات الخاصة للفيزيائي النمساوي، إيروين شرودنغر (1887 – 1961)، لتطوير معادلات جديدة في عام 1926. وصفت معادلاته الموجية سلوك الإلكترونات في المدارات الخارجية للذرة. كانت هذه بداية ميكانيكا الكم. وقد فعل ذلك مع الأشياء الصغيرة للغاية ما فعله نيوتن مع الأشياء الكبيرة للغاية. ومثل العديد من الفيزيائيين الذين غيّروا طريقة تفكيرنا حول العالم في أوائل القرن العشرين، اضطر شرودنغر إلى الفرار من النازيين، وقضى سنوات الحرب في دبلن. أما آينشتاين، فكما نعرف، انه ذهب إلى الولايات المتحدة.

أدخلت معادلات شرودنغر الموجية بعض الترتيب إلى الصورة. ثم جاء فيرنر هايزنبرغ (1901 – 1977) صاحب (مبدأ عدم اليقين) في عام 1927. كان هذا المبدأ في جزء منه فلسفي، وفي جزء آخر منه تجريبي. قال هايزنبرغ إن فعل التجربة بحد ذاته مع الإلكترونات يغيرها. ويضع هذا حدودًا على ما يمكننا معرفته. يمكننا معرفة زخم الإلكترون (كتلته مضروبة في مربع سرعته)، أو موقعه، ولكن لا نستطيع معرفة كليهما. فحساب

أحدهما يتأثر بحساب الآخر. لقد أرعبت هذه الفكرة آينشتاين (من بين آخرين)، وشرع في دحض مبدأ عدم اليقين الذي جاء به هايزنبرغ لكنه لم يستطع. واعترف آينشتاين بالهزيمة. وبقى المبدأ سليماً إلى حد بعيد: هناك حدود لمعرفتنا بالأشياء الصغيرة جدًا.

كان الإلكترون مهما أيضًا لبول ديراك (1902 - 1984). كان البعض يعتبر هذا الرجل الإنكليزي ذو المزاج المعقد آينشتاين آخر تقريبًا. قاد كتابه عن ميكانيكا الكم هذا الحقل العلمي لمدة ثلاثة عقود. كانت معادلاته الخاصة حول الأنشطة الكمية للذرات والجسيمات الذرية الفرعية فكرة عبقرية إلى حد كبير. المشكلة كانت أن معادلاته كانت تتطلب جسيماً غريبًا - وهو إلكترون موجب الشحنة - من أجل أنْ تعمل. كان هذا مثل قولنا أن هناك مادة ومادة مضادة لها في نفس الوقت. كانت فكرة المادة المضادة بمجملها غريبة، حيث أن المادة تمثل الحالة الصلبة للكون. في غضون بضع سنوات، نجح البحث عن مثل هذا الجسيم وتمّ اكتشاف البوزيترون. كان توأم الإلكترون هذا يمتلك شحنة موجبة واحدة. وعندما يندمج مع إلكترون، ينتج طاقة متدفقة، وحينها يختفي كلا الجسيمين. يمكن أنْ تدمر المادة والمادة المضادة بعضها البعض في أقل من غمضة عين.

أثبت البوزيترون للفيزيائيين أن الذرات لم تكن تتكون فقط من البروتونات والإلكترونات والنيوترونات. سننظر في وقت لاحق إلى بعض هذه الاكتشافات العميقة، بعد أن أنتج الفيزيائيون طاقات أعلى من أي وقت مضى لفحص ذراتهم

وجسيماتهم. (والفحص) ليس تمامًا الكلمة الصحيحة. عند العمل باستخدام طاقة عالية، لا يستطيع الفيزيائيون رؤية ما يحدث في تجاربهم بشكل مباشر. ما يرونه بدلًا من ذلك هو بقع على شاشة الكمبيوتر، أو تغييرات في المغناطيسية أو في الطاقة في تركيبتها التجريبية. لكن القنابل الذرية، والطاقة الذرية، وحتى إمكانية الحوسبة الكمية، كلها تدل على قوة الطبيعة وغموضها - حتى لو لم نتمكن من رؤيتها.

وبالحديث عن حزمة ماكس بلانك، أو كمّ الطاقة، وإدراك ألبرت آينشتاين أن الكتلة والطاقة هما مجرد جانبان من نفس الشيء فقد غيّرت هذه الاكتشافات إلى الأبد الطريقة التي يمكن فيها فهم الكون. ومن خلال مفاهيم الكتلة والطاقة والموجة والجسيم. والزمان والمكان: كشفت الطبيعة عن نفسها بأنها تسير وفق مبدأ الجمع بين مفهومين أو أكثر من هذه المفاهيم الآنفة الذكر، وليس وفق مبدأ إما... أو «......». وبينما ساعدت كل هذه المفاهيم على تفسير بنية الذرات وكيفية خلق الكون، فأنها تساعدك على الوصول إلى المنزل في الليل (عن طريق نظام كشف الخرائط في الهاتف النقال الذي يعمل بالأقمار الصناعية). تدور الأقمار الصناعية في أماكن بعيدة عن الأرض لذلك يجب أنْ يتضمن نظام الملاحة نسبية خاصة به. وإذا لم يتم وضعها في الاعتبار، سرعان ما ستفقد طريقك إلى المنزل.

الفصل الثالث والثلاثون



القارات المتحركة

تعتبر الزلازل ظاهرة مميتة ومرعبة. مميتة بسبب الدمار الشامل الذي تسببه، ومرعبة لأنه ليس من الطبيعي أنْ تتحرك الأرض من تحت أقدامنا. ورغم ذلك، فان هذا يحدث، في كل مرة يحدث فيها زلزال، (حتى إذا كان في أغلب الأحيان غير مرئي)، فان فهم بنية الأرض مثل الكثير من العلوم يتطلب قياس الجزء غير المرئي وغير المحسوس وإقناع الآخرين بأنك على حق فالقارات وقاع المحيطات تتحرك تحتنا.

ما نختبره في تاريخ الأرض في حياتنا هو لقطة صغيرة، بل أصغر اللحظات في عملية طويلة جدًا. يملك الجيولوجيون تقنيات علمية، لكن عليهم أيضًا استخدام تصوراتهم، والتفكير

(خارج الصندوق). جميع العلماء الجيدين يقومون، حتى لو كانوا يعملون في المختبر، بمراجعة أفكارهم وفق الأدلة المستجدة.

استخدم علماء الجيولوجيا في القرن التاسع عشر الأدوات التقليدية: اكتشافات الأحافير، تحليل وتصنيف الصخور، وتفحص آثار الزلازل والبراكين. كل هذا نسجوه في صياغة مقنعة لتاريخ الأرض. الكثير مما تعلموه ما يزال قائمًا حتى اليوم. لكن كان هناك عدد من المشاكل التي تزعجهم، وتحتاج إلى نوع جديد من الأفكار الجريئة. كانت فكرة (الكوارث) القديمة تعتمد على وجود أنواع مختلفة من القوى، أو ربما حتى تدخلات خارقة، فالفيضانات الكبيرة تشبه طوفان نوح الموصوف في الكتاب المقدس. بدلاً من ذلك، سيكون التركيز الجديد على الزمن على فترات هائلة تسمى (الزمن العميق). كيف كانت الأرض قبل 200 مليون سنة، أو قبل مرتين أو ثلاثة أضعاف هذا العدد من السنوات؟

كيف يمكن أنْ يساعد الزمن العميق في الإجابة على ثلاثة أسئلة رئيسة؟ أولاً، لماذا تبدو القارات الرئيسة وكأنه يمكن قطعها عن المحيطات ويتم لصقها معًا، مثل قطع لعبة أحجية جغرافية كبيرة؟ الساحل الشرقي لأميركا الجنوبية يتشابه بشكل كبير مع الساحل الغربي لأفريقيا. هل كان ذلك مجرد مصادفة؟

ثانيًا لماذا تكون التكوينات الصخرية لجنوبي إفريقيا شبيهة بتلك الموجودة في البرازيل، على الجانب الآخر من المحيط الأطلسي؟ لماذا، في جزيرة صغيرة مثل بريطانيا العظمى، كانت

هناك تباينات دراماتيكية بين مرتفعات اسكتلندا، مع صخورها وبحيراتها، ومقاطعة ساسكس المتعرجة بلطف في الجنوب؟ في الواقع، هل كانت بريطانيا منفصلة دائمًا عن البر الأوروبي؟ أو ألاسكا عن آسيا؟

ثالثًا، كانت هناك بعض الأنماط الغريبة في مواقع النباتات والحيوانات. لماذا وجدت بعض أنواع الحلزون في أوروبا وأمريكا الشمالية الشرقية، ولم تكن موجودة في الجانب الآخر من القارة الأميركية، في الغرب؟ لماذا كانت الجرابيات في أستراليا مختلفة عن تلك الموجودة في أماكن أخرى؟ في خمسينيات القرن التاسع عشر كان داروين ووالاس من الرواد في تقديم بعض الإجابات، وساعدت نظرية التطور على شرح الكثير. أجرى داروين بعض التجارب ذات الرائحة الكريهة للغاية، حيث أبقى بعض البذور في أحواض مياه البحر لعدة أشهر لغرض دراستها. أراد أن يعطي البذور تجربة القيام برحلة بحرية طويلة. ثم زرعها لمعرفة ما إذا كان يمكن أن تنبت وتكبر. في بعض الأحيان فعلوا، لذلك كانت هناك إجابة واحدة. وأوجد داروين أيضًا طرقًا لاكتشاف ما إذا كانت الطيور تستطيع نقل البذور والحشرات وغيرها من الكائنات الحية عبر مسافات طويلة للغاية. وقد استطاعت ذلك، لكن هذا لم يفسر كل الألغاز.

كانت هناك فكرة راديكالية واحدة يمكن أن تفسر الكثير. كانت هذه النظرية تفيد بأن القارات لم تكن موجودة دائمًا في مكانها الحالي أو إنها تكونت عندما إندمجت قطعًا من الأرض،

ما يسمى بـ (جسور الأرض). اعتقد العديد من الجيولوجيين في أواخر القرن التاسع عشر أنه كان هناك في وقت ما جسور أرض في عدة أماكن. كان هناك دليل جيد على أن بريطانيا كانت ذات يوم مرتبطة بأوروبا وهذا. من شأنه أن يفسر بشكل فعال للغاية لماذا تمّ العثور على أحافير العظام لكل من الدببة والضباع والحيوانات الأخرى، التي لا توجد في بريطانيا في العصر الحديث. كانت أمريكا الشمالية ذات يوم مرتبطة بآسيا عبر مضيق بيرينغ، حيث كانت الحيوانات والأميركيون الأصليون تعبر إليها بلا شك. بدا أن وجود جسور الأراضي التي دمجت إفريقيا مع أمريكا الجنوبية أقل احتمالاً، لكن الجيولوجي النمساوي البارز إدوارد سويس (1831 – 1914) كان عليه أن يجادل بهذا الموضوع في عمله الضخم المكون من خمسة مجلدات (الصادر بين عامي 1883 و1909) حول الأرض. حيث قال إن الارتفاع والانخفاض المستمر لسطح الأرض خلال التاريخ الجيولوجي جعل ذلك ممكنًا. وقعر البحر الموجود اليوم كان يربط القارتين ذات يوم.

لم يقتنع الجميع، سواء بوجود الكتاب ذي الخمسة مجلدات أم لا. ثم جاء دور الألماني ألفريد فيغنر (1880 – 1930). كان فيغنر مهتمًا بتاريخ مناخ الأرض وجيولوجيتها. في عام 1912 ألقى محاضرة حول نظريته عن انتقال القارات: وهو ما سوف يعرف (بالانجراف القاري). أصبحت المحاضرة كتابًا صدرفي عام 1915، وقضى فيغنر بقية حياته يبحث عن المزيد من الأدلة. إلى أن مات، وقاد رحلة استكشافية إلى غرينلاند للبحث عن

المزيد من الأدلة لدعم نظريته. كان مقترح فغنر الراديكالي إنه منذ حوالي 200 مليون سنة، كانت هناك قارة واحدة كبيرة، هي بانغيا، محاطة بمحيط شاسع. ثم بدأت هذه القارة الهائلة بالانهيار والتفتت تدريجيًا، وبدأت قطع منها بالكامل تطفو على المحيط، مثل الجبال الجليدية التي تنهار وتطفو على البحر. على عكس الجبال الجليدية، التي يمكن أن تذوب وتتلاشى، تحولت قطع بانغيا إلى القارات الجديدة. ولم ينته الأمر عند هذا الحد. اعتقد فيغنر أن كتل اليابسة ما تزال تتحرك بشكل منفصل، حوالي عشرة أمتار في السنة. كان هذا التقدير مبالغًا فيه للغاية - فالمقاييس الحديثة تشير إلى حركة تبلغ بضعة مليمترات فقط كل عام. لكن أي شيء خلال فترة زمنية كافية يعطي نتائج دراماتيكية. كان لدى فيغنر عدد قليل من المؤيدين، معظمهم من ألمانيا، لكن معظم الجيولوجيين وجدوا أفكاره بعيدة عن المنطق - مثل الكثير من قصص الخيال العلمي. عندئذ، وخلال الحرب العالمية الثانية، بدأت الغواصات الاستكشاف الجدي لقاع المحيط. فقد كشفت بعد الحرب عن منظر طبيعي تحت الماء يحوي تلالا هائلة من الجبال والوديان، وبراكين منقرضة (وحتى نشطة). قام هاري هيس (1906 - 1969)، وهو عالم جيولوجي يعمل في البحرية الأميركية، بتعقب هذه التلال والوديان وأتبعها إلى الأراضي الجافة المعروفة. كما أنه تتبع خطوط الصدع، تلك المناطق من الأرض فوق وتحت الماء التي تكون فيها الزلازل والبراكين شائعة. ما اكتشفه هيس هو أن كتل اليابسة وأرضية

المحيط كانت باستمرار، تتحرك نحو بعضها البعض. لم تطفو الأرض كما اقترح فيغنر. إذا كيف تحركت كتل اليابسة؟

التحق هيس بعلماء الفيزياء وعلماء الأرصاد الجوية (مراقبي الطقس)، وعلماء المحيطات (الذين يدرسون عالم البحار)، وعلماء الزلازل (المتخصصين في الزلازل) والجيولوجيين التقليديين. لقد بدأوا جميعًا البحث في محاولة معرفة عمر أرضنا باستخدام أدوات هذه العلوم المختلفة. لم يكن هذا سهلاً. يصبح باطن الأرض بسرعة حارًا جدًا. وليس بعيدًا، أنْ تنصهر أدوات العمل. لذا، فإن الكثير مما نعرفه عن تركيبة وبنية المناطق الداخلية في العالم يجب تعلمها بطرق غير مباشرة. العلم غالبًا ما يكون هكذا.

منذ فترة طويلة يفسر حدوث البراكين التي تقذف حممها المنصهرة على أنها تشير إلى قيام الأرض بعملية تخلص من الحرارة الزائدة التي تراكمت في باطنها، وهذا إلى حد ما صحيح. لكنه لا يمثل الصورة الكاملة. فاكتشاف أن العناصر المشعة، مثل اليورانيوم، تطلق الكثير من الطاقة عندما تتحلل، أضاف مصدرًا آخر للحرارة الداخلية للأرض. لكن النشاط الإشعاعي هو مصدر مستمر للحرارة، وهذا يعني إن الفكرة القديمة التي تقول إن الأرض كانت ذات يوم كرة ساخنة للغاية ولكنها بدأت تبرد بشكل تدريجي، كانت بسيطة للغاية.

على الأقل، كان الأمر بسيطًا جدًا بالنسبة إلى الجيولوجي آرثر هولمز (1890 – 1965). فقال إن الأرض تتخلص من معظم الحرارة الداخلية المولدة بشكل متواتر من خلال عملية

نقل الحرارة أومايسمى بطريقة الحمل الحراري المألوفة. كان الشيء المهم هو إدراك هولمز أن هذه الأمور لا تحدث في القشرة الأرضية العليا - حيث نعيش - وإنها تحدث، في الطبقة التالية لها باتجاه مركز الأرض. يطلق على هذه الطبقة اسم الوشاح، ويعتقد هولمز إن الصخور المنصهرة تتحرك صعودًا تدريجيًا، مثل سخونة الماء في حمامك. وبينها تتحرك نحو الأعلى وبعيدًا عن المنطقة الحارة، تبرد، وتغوص ثانية، لتحل محلها صخور منصهرة أخرى، في دورة خالدة. إن بعض هذه الصخور المنصهرة التي تتجه نحو الاعلى تنفجر عندما تندلع البراكين. معظم الصخور المنصهرة لا تتشكل على سطح الأرض، ولكنها تنتشر عندما تبرد وتتصلب، مما يوفر آلية لتغيير القارات، ملليمترا بعد آخر.

مع استكشاف عمق المحيطات والأرض، أضافت الطريقة الجديدة لمعرفة عمر الكوكب معنىً حقيقيًا إلى مفهوم الوقت العميق. وقد ظهرت تقنية التأثر الإشعاعي أثر اكتشاف الفيزيائيين للنشاط الإشعاعي (الفصل 31). وهذا سمح للعلماء بمعرفة عمر الصخور التي كانوا يدرسونها من خلال مقارنة كميات العناصر المشعة ومنتجها النهائي (اليورانيوم والرصاص، على سبيل المثال) في عينة صخرية. وباستخدام هذه التقنية، كان من الممكن معرفة عمر الصخور القديمة، لأنه بعد تشكلها، لا يتم دمج أي مادة جديدة فيها. مع العلم إن معرفة عمر طبقات الصخور الفردية ساعد بدوره على فهم عمر الأرض. تمّ العثور على صخور عمرها أكثر من أربعة مليارات سنة. هذه

الصخور القديمة توجد دائمًا على سطح الأرض. أما الموجودة في قاع المحيط فتكون دائمًا أحدث. ولا تدوم المحيطات مثلما تدوم القارات، وهي في الواقع تموت دائمًا وتولد من جديد. يحدث هذا بالطبع على مدار فترة زمنية طويلة جدًا، لذلك لا داعي للقلق بشأن الصيف القادم على الشاطئ. (من ناحية أخرى، قد يؤدي الاحتباس الحراري العالمي الذي هو من صنع الإنسان إلى استمرار ذوبان الجليد القطبي ويؤدي إلى ارتفاع خطير في مستويات البحار في العقود القادمة).

لا تلتقط الصخور العناصر المشعة فقط عند تشكلها، بل تحتفظ أيضًا بالتموج المغناطيسي للحديد أو أي مادة أخرى تتأثر بالمغناطيسية. ومثل النشاط الإشعاعي، ساعدت المغناطيسية علماء الأرض على تفكيك عمر الصخور. لم يكن القطب المغناطيسي للأرض ثابتًا طوال فترة وجوده على الأرض. انقلب قطبا الشمال والجنوب في عدة مناسبات، لذلك يمكن للتوجهات بين الشمال والجنوب أنْ تقدم أيضًا دليلاً حول وقت تشكل الصخور. سوف تشير البوصلات إلى الشمال في حياتنا وحياة أحفادنا، لكن الأمور لم تكن دائمًا كذلك، ولن تكون كذلك في المستقبل البعيد، حتى لو كان الماضي يمثل أي شيء غادرنا دون رجعة.

وقد كشفت المغناطيسية، والحمل الحراري، والمناظر الطبيعية في أعماق البحار والتاريخ الإشعاعي عن أدلة مهمة حول الظروف القديمة للأرض. نظرًا لأنها مجتمعة، كانت كافية لإقناع علماء الأرض بأن فيغنر كان على حق تقريبًا. وهذا

صحيح، لأن حركة القارات قد حدثت: لقد أكدت القياسات الحساسة بواسطة الأقمار الصناعية الحركة. لكن الانجراف أو التعويم الذي اقترحه كان خطأ. بدلاً من ذلك، أنهى جون ويلسون (1908 - 1893) وآخرون قطار الفكر الجريء الذي بدأه فيغنر عندما جادل بأن الجزء العلوي من وشاح الأرض يتكون من سلسلة من الألواح العملاقة. هذه الألواح تتلاءم معًا، وتغطي الأرض، وتعبر حدود الأرض والبحر. ولكنها لا تتلاءم مع بعضها البعض بشكل مثالي، وتظهر الروابط عند ظهورها. إن ما يسمى بنظرية تكتونيات الصفائح هي التي تفسر ما يحدث عندما تحتك صفيحة بأخرى، أو تصبح فوقها أو تصطدم بها. فكر في أعلى جبل على الأرض، وهو جبل ايفرست في سلسلة جبال الهيمالايا. إنها بلغت هذا الارتفاع الشاهق بسبب أن جبال الهيمالايا تمّ تشكيلها من قبل اثنين من هذه الصفائح التي بدأت تتصادم مع بعضها البعض منذ حوالي سبعين مليون سنة. ليس هناك جائزة نوبل في الجيولوجيا، ولكن ربما ينبغي أنْ يكون هناك. تفسر نظرية تكتونية الصفائح الكثير من الأشياء عن الزلازل وأمواج تسونامي والجبال والصخور والنباتات والحيوانات.

أرضنا قديمة جدًا، ولكنها مكان مميز جدًا، الحية والمتحجرة.

الفصل الرابع والثلاثون



الوراثة

من تشبه أكثر – أمك أم أبيك؟ أو ربما جدك أو عمتك؟ إذا كنت لاعبًا جيدًا في كرة القدم أو تعزف بشكل جيد على الغيتار أو الفلوت، فهل هناك شخص آخر في عائلتك يملك مثل هذه الصفات أيضًا؟ يجب أنْ يكون هناك شخص ترتبطً به بيولوجيًا وورثت هذه الأشياء منه، وليس فقط قريب عن طريق الزواج، مثل زوجة الأب أو زوج الأم. يمكن لصلات القرابة هذه القيام بأشياء رائعة بالنسبة لك، ولكن لا يمكنك أنْ ترث أيًا من جيناتها.

نحن نعرف الآن أن أشياء مثل لون عيوننا أو شعرنا يتم التحكم فيها ونقلها من جيل إلى جيل من خلال جيناتنا. يختص علم الوراثة بدراسة جيناتنا. الوراثة أو الميراث هي الكلمات التي

نستخدمها لوصف عملية تمرير المعلومات التي تمتلكها جيناتنا. إن جيناتنا تحدد بمقدار هائل من نحن. إذن، كيف أدرك الناس أن هذه الأشياء الصغيرة كانت مهمة جدًا؟

لنعد إلى تشارلز داروين للحظة (الفصل 25). كانت الوراثة محورية في عمل داروين. وكانت تشغل مكانا مهما في أفكاره عن تطور الأنواع، حتى لو لم يشرح كيفية حدوث الوراثة. استمر علماء الأحياء في مناقشة كيفية حدوث ذلك بعد فترة طويلة من نشر كتابه (أصل الأنواع) في عام 1859. وبشكل خاص، كانوا مهتمين بما إذا كانت الوراثة (السلسة) يمكن أنْ تحدث في بعض الأحيان. كانت الوراثة السلسة فكرة مرتبطة بالعالم الطبيعي الفرنسي، جان بابتيست لامارك (1744 – 1829)، الذي آمن أيضًا بتطور الأنواع عن طريق التغيير التطوري. لنفكّر في عنق الزرافة الطويل: كيف تطور ذلك العنق بمرور الوقت؟ يقول لامارك إنه بسبب أن الزرافات تمد رقبتها باستمرار إلى الأعلى لتصل إلى الأوراق التي في أعلى الأشجار فسوف يمرر هذا التغيير الطفيف إلى أبنائها جيلاً بعد جيل. وبعد مرور فترة زمنية كافية تمدد فيها عنق الزرافة، فإن حيوانًا قصير العنق سيصبح في النهاية طويل العنق. تتفاعل البيئة مع الكائن الحي، وتشكله أو تكيفه، وكل ذلك سيتم نقله إلى الأجيال اللاحقة.

كانت محاولة إثبات الوراثة السلسة بواسطة التجارب المختبرية مسألة صعبة للغاية. قام ابن عم داروين، فرانسيس غالتون (1822 – 1911)، بإجراء سلسلة دقيقة من التجارب،

والتي نقل فيها دم الأرانب السوداء إلى الأرانب البيضاء. لم تظهر نسل الأرانب المنقول إليها الدم أي علامة على تأثرها به. وقام بقطع ذيل الفئران لأجيال عدة حتى نهايته، لكن ذلك لم يعطينا جيلاً من الفئران بدون ذيل. كما ان ختان الأولاد الصغار لم يكن له أي تأثير على الأجيال المستقبلية من الأطفال الذكور.

كانت الحجج المؤيدة والمعارضة متواصلة حتى أوائل القرن العشرين. لكن شيئين أقنعا معظم علماء الأحياء بأن السمات التي اكتسبتها النباتات أو الحيوانات ببساطة خلال حياتها لا تنتقل إلى أبنائها. الأول، هو إعادة اكتشاف أعمال راهب من مورافيا (التي أصبحت الآن جزءًا من جمهورية التشيك)، يدعى جريجوري مندل (1822 - 1884). في ستينيات القرن التاسع عشر، نشر مندل (في مجلة محدودة الانتشار) نتائج تجاربه في حديقة الدير. أصبح مفتونًا بالبازلاء، حتى قبل أنْ يقطع غالتون ذيل الجرذان. تساءل ميندل عما سيحدث إذا ما تداخلت نباتات البازلاء ذات خصائص معينة بشكل كامل (أي أن النباتات التي تحتوي على البازلاء الملونة تنمو معًا)، لتنتقل الألوان إلى الجيل التالي من نباتات البازلاء. كانت البازلاء تعمل جيدًا سوية لأنها تنمو بسرعة ولذلك كان من السهل عليها وبسرعة الانتقال من جيل إلى آخر. وقرون البازلاء، كانت فيها أيضًا اختلافات واضحة - كانت البازلاء إما صفراء أو خضراء، وقشورها إما متجعدّة أو ناعمة. لقد اكتشف أن هذه السمات قد ورثت بدقة عالية، ولكن بطرق يمكن التغاضي عنها بسهولة. إذا تم تطعيم

أو مزج نبات من البازلاء الخضراء (لون بذوره) مع الصفراء، كان كل الجيل الأول من البازلاء أصفر. ولكن عند تطعيم هذه النباتات من الجيل الأول مع بعضها البعض، أصبح في الجيل الثاني، كل ثلاثة من كل أربعة نباتات تحتوي على البازلاء الصفراء، والأخرى خضراء. هيمنت الصفات الصفراء في الجيل الأول، ولكن في الثانية، أظهرت السمة (المتنحية) (الخضراء) نفسها مرة أخرى. ماذا تعني هذه الأنماط القوية؟ استنتج مندل أن الوراثة هي (جسيمات)، أي أن النباتات والحيوانات ترث سمات في وحدات منفصلة. فبدلاً من التغيرات الطفيفة في الوراثة السلسة، أو بعض متوسطات خصائص الوالدين، كانت الوراثة شيئًا واضحًا تمامًا. كانت البازلاء إما خضراء أو صفراء، وليس لون ما بينهما.

وبينما كان عمل مندل غير ملحوظ، شن أوغست وايزمان (1834 – 1914) الهجوم الحاسم الثاني على الوراثة السلسة. وحيث كان مندل مهتمًا في الغالب بحياته الدينية، كان وايزمان في المقام الأول عالمًا حازمًا. وكان عالِم بيولوجيا ألماني لامع، كان يؤمن بقوة أن آراء داروين التطورية كانت صحيحة. لكنه استطاع أنْ يرى أن عدم وجود تفسير جيد للوراثة يمثل مشكلة. وقد تمخض ولعه بالخلايا وانقسام الخلايا عن إيجاد حل.

قبل بضع سنوات من تجارب مندل مع البازلاء، كان رودولف فيرشوف قد أعلن عن أفكاره حول انقسام الخلايا (الفصل 26). في ثمانينيات وتسعينيات القرن التاسع عشر،

رأى وايزمان أن خلايا الأم في الجهاز التناسلي تنقسم بطريقة تختلف عن انقسام الخلايا في باقي الجسم، لتكوين بيضة أو خلية منوية. كان هذا الاختلاف هو المفتاح. تعرف هذه العملية باسم الانقسام الاختزالي، حيث انقسمت الصبغيات إلى نصف خلية الكروموسومات في كل خلية من خلايا (الابنة) الناتجة. في كل خلايا الجسم الأخرى، تحتوي خلية (الابنة) على نفس كمية الصبغيات الموجودة في (الأم). إذا كنت مرتبكًا، تذكّر أن خلية (الأمّ) هي أي خلية موجودة تقريبًا وأنها تنقسم إلى خليتين (بنت). وتوجد في جميع أنحاء الجسم وليس لها أي علاقة مع الأمهات والبنات الحقيقيات لذلك عندما تندمج خلايا الحيوانات المنوية مع البويضة، فإن نصفي المادة الصبغية سيشكلان الكمية الكاملة مرة أخرى في البويضة الملقحة. كانت هذه الخلايا التناسلية مختلفة عن كل الخلايا الأخرى في الجسم. جادل وايزمان أنه لا يهم ما حدث لخلايا العضلات أو العظام أو الأوعية الدموية أو الأعصاب: فالخلايا التناسلية فقط هي التي احتوت على ما يمكن أنْ يورثه الفرد لذريته. لذا في حالة عنق الزرافة، لن يكون للتمدد المفترض أي تأثير على خلايا البويضة والحيوانات المنوية، وإن هذه الخلايا تحتوي على ما أسماه (البلازما الجرثومية). كانت البلازما الجرثومية، الموجودة على الكروموسومات من خلايا البويضة والحيوانات المنوية، هي من تمّ توريثها، واطلق على فكرته عن الوراثة اسم (استمرارية البلازما الجرثومية).

في عام 1900، لم يكن هناك سوى ثلاثة علماء منفصلين ينفضون الغبار عن نسخ من المجلة التي تحوي مقال مندل. لقد نبهوا العالم العلمي إلى نتائج تجارب مندل على البازلاء. لقد توصل علماء البيولوجيا إلى أن مندل قدّم أفضل دليل تجريبي حتى الآن على (استمرارية نموذج البلازما الجرثومية) الذي وضعه وايزمان، وأن (المندلية)، كما سميت في وقت قريب، كان لها أساس علمي سليم.

سرعان ما انقسم المجتمع العلمي إلى مجموعتين، هما (المندليين والاحيائيين) و(يؤمن) علماء القياس الحيوي (الاحيائيين)، بقيادة خبير الإحصاء كارل بيرسون (1857 – 1936)، في الميراث (المستمر). فهم يعتقدون أن ما نرثه هو متوسط سمات آبائنا. وقاموا بعمل ميداني مهم في قياس الاختلافات الصغيرة جدًا في المخلوقات البحرية والقواقع. وأظهروا أن هذه الاختلافات الصغيرة يمكن أنْ تلعب دورًا هامًا في تحديد عدد النسل الذي نجا – ما يُطلق عليه النجاح الإنجابي للأنواع. أما المندليين فقد كانوا بقيادة عالم الأحياء في جامعة كامبردج وليام بيتسون (1861 – 1926). الذي صاغ مصطلح (علم الوراثة). وأكد المندليين على وراثة نوع من الصفات المتميزة (المنفصلة) التي أوضحها الراهب. لقد جادلوا بأن التغير البيولوجي يحدث بقفزات، بدلاً من التغييرات البطيئة والمستمرة التي يعتقد بها الاحيائيين. قبلت كلتا الحالتين حقيقة التطور: لقد جادلوا فقط حول كيفية حدوث ذلك.

ظلت هذه النقاشات حامية لنحو عشرين عاماً ثم، في عشرينيات القرن العشرين أظهر العديد من الناس أن كل مجموعة كانت على صواب ومخطئة في نفس الوقت. فقد كانتا تنظران فقط إلى جانبين مختلفين لنفس المشكلة. العديد من الخصائص البيولوجية موروثة في نماذج (بصمات ممتزجة)، فالأب الطويل والأم القصيرة سيكون لهما نسل متوسط أو (يمزج) ما بين طوليهما. قد يكون بعض الأطفال بطول الأب (أو حتى أطول)، ولكن متوسط الطول سوف يكون في منتصف الطريق بين الوالدين. يتم توريث خصائص أخرى، مثل لون العين البشرية، أو لون البازلاء، من خلال نموذج احتمالي هو إما / أو، وليس حسب النموذج الذي يجمع بين كليهما. تم حل الخلافات بين الاحيائيين والمندليين عندما قاموا بقياس مجموعات سكانية كاملة، ثم قاموا بتطبيق التفكير الرياضياتي لهذه المشكلة. أكد هؤلاء البيولوجيين الجدد، أمثال العالم هالدين (1892 - 1964) على تألق أفكار داروين الأصلية. أدركوا إنه في أي مجموعة من السكان يوجد اختلاف عشوائي يمكن توريثه وحينما تكون لديها ميزة، فإن تلك النباتات والحيوانات التي تملكها ستبقى على قيد الحياة، والأنواع الأخرى التي تختلف سوف تموت.

كما أن الطريقة التي نرث بها ما نفعله مهمة للغاية أيضًا. كان هذا الجزء التالي من اللغز. تم تنفيذ الكثير من أولى التجارب في مختبر توماس هانت مورغان (1866 - 1945)، في جامعة كولومبيا في مدينة نيويورك. بدأ مورغان حياته المهنية في البحث

في كيف تخرج الحيوانات إلى الحياة وتتطور كأجنّة. لم يفقد أبدًا اهتمامه في علم الأجنّة، لكن اهتمامه تحوّل في أوائل القرن العشرين إلى علم الوراثة الجديد. لم يكن مختبر مورغان مكانًا عاديًا. وقد لقبه بـ (غرفة الذباب)، أصبح موطنًا لآلاف الأجيال من ذبابة الفاكهة المشهورة (دروسوفيلا ميلانوجاستر). ذبابة الفاكهة هي حيوان تجارب ملائم. تحتوي هذه الذبابة على أربعة كروموزومات فقط في نوى خلاياها، ودور الكروموسومات التي أراد مورغان فهمه هو: ما مدى أهمية الكروموسومات في تمرير الصفات الوراثية؟ تكون كروموسومات ذباب الفاكهة كبيرة الحجم وسهلة الرؤية من خلال الشرائح المجهرية. كما يتكاثر ذباب الفاكهة بسرعة كبيرة - اترك طبق من الفاكهة مكشوفًا للهواء وشاهد ما يحدث. يمكن دراسة العديد من أجيالها في فترة زمنية قصيرة، لمعرفة ما يحدث عندما تعيش مجموعة من الذباب تحمل خصائص معينة مع مجموعة أخرى من الذباب. تخيل القيام بهذا النوع من العمل مع الفيلة وعندها ستعرف لماذا اختاروا ذبابة الفاكهة.

أصبحت غرفة ذبابة مورغان مشهورة، وجذبت إليها الطلاب والعلماء الآخرين. لقد كانت رائدة في الطريقة التي تعمل بها الكثير من العلوم اليوم: مجموعة من الباحثين يعملون تحت قيادة (مديرهم) - مورغان - الذي يساعدهم في تحديد المشاكل. يشرف المدير على عمل فريقه من الباحثين الأصغر سنًا، الذين يقومون بالتجارب الفعلية. كان مورغان يشجع الجميع

على التحدث والعمل معًا، لذا كان من الصعب تحديد من فعل ماذا بالضبط. عندما فاز (مورغان) بجائزة نوبل، شارك بمبلغ الجائزة مع اثنين من زملائه الأصغر سنًا.

وتقريبًا عن طريق الصدفة، أكتشف مورغان اكتشافًا حاسمًا. لاحظ أن ذبابة خرجت من فقس حديث لها عيون حمراء، بدلاً من العيون البيضاء المعتادة. وعزل هذه الذبابة قبل أنْ يقوم بتربيتها مع ذباب أبيض العينين. عندما نظر إلى ذريتها ذات العين الحمراء، اكتشف أولاً أن جميع الذبابات ذات العين الحمراء كان جنسها أنثى. وهذا يشير إلى أن الجين كان يحمل على كروموسوم الجنس، وهو الكروموسوم الذي يحدد ما إذا كانت الذرية ذكر أو أنثى. ثانيًا، اتبعت أنماط الوراثة في لون العين نفس القواعد التي اتبعتها بازلاء مندل - كانت العيون إما بيضاء أو حمراء، ولكنها لم تكن وردية أبدًا، أو بعض الألوان بينهما. راقب مورغان أنماط أخرى من السمات الموروثة للذباب الصغير، مثل حجم الجناح وشكله. وقد قام هو وزملاؤه بفحص كروموسوماتها تحت المجهر وبدأوا في وضع خرائط لكل كروموسوم، حيث تبين مواقع وحدات الوراثة (الجينات)، كما باتت تسمى. يمكن أن تساعد الطفرات (التغيرات)، مثل الظهور المفاجئ للعيون الحمراء، في تحديد مكان الجين، حيث تحلل بدقة ما فعلته الكروموزومات أثناء انقسام الخلية. اكتشف أحد طلاب مورغان، ويدعى هـ. ج. موللر (1890 - 1967).

أن الأشعة السينية أحدثت طفرات أسرع. وفاز مولر بجائزة نوبل الخاصة به في عام 1948، ونبه عمله العالم إلى مخاطر الإشعاع الصادر من القنابل الذرية وحتى من الأشعة السينية التي تستخدم طبيًا. كما أظهر مورغان أن الكروموسومات في بعض الأحيان تتبادل المواد عندما تنقسم. وهذا ما يسمى (التهجين)، وهي طريقة أخرى تزيد بها الطبيعة مقدار التباين في النباتات والحيوانات.

جعل مورغان ومجموعته، بالإضافة إلى العديد من الأشخاص الآخرين في جميع أنحاء العالم، علم الوراثة أحد أكثر العلوم إثارة في السنوات ما بين و1910 1940 تم الاعتُراف (بالجين) على نطاق بأنه شيء مادي. يتمركز في كروموسومات الخلايا، ويتم نقل الجينات، عن طريق بويضة الإناث المخصبة بالحيوانات المنوية للذكور، إلى النسل، ويساهم في ذلك كل من الأب والأمّ على قدم المساواة. وتبين أن الطفرات هي الشيء الذي قاد التغيير التطوري. وهي التي تخلق الاختلافات وتحدث بشكل طبيعي وكذلك بشكل اصطناعي كما درسها مولر. كانت الوراثة الجديدة تمثل مكانًا مركزيًا في التفكير التطوري. على الرغم من أن ما تمثله (الجينات) بالضبط لم يكن محددًا بعد، إلّا أن واقعها أصبح الآن موضع شك.

كان لهذا التفكير الجيني الجديد جانب مظلم في المجتمع. إذا لم يكن هناك وراثة سلسة - بحيث أن تناول طعام أفضل، أو ممارسة الرياضة أو أن تكون بصحة جيدة، لا يمكن أنْ يغير

جينات أطفالك - يجب استخدام طرق مختلفة إذا أردت تحسين الأجيال القادمة. لقد تمّ ممارسة (الانتقاء الاصطناعي) لداروين منذ قرون، من قبل مربي الماشية والنباتات الذين حاولوا تحسين الخصائص المرغوبة لكل ما كانوا يقومون بتربيته. يمكن تربية الأبقار لإنتاج المزيد من الحليب، وتصبح الطماطم ذات عصارة أكثر. في عام 1904، أسس فرانسيس غالتون (ابن عم داروين) مختبر (تحسين النسل). لقد صاغ مصطلح (تحسين النسل) بمعنى (ولادة جيدة). هنا حاول تغيير العادات الإنجابية للبشر. إذا كان من الممكن إظهار الذكاء أو الإبداع أو الإجرام أو الجنون أو الكسل في العائلات (وكان غالتون يؤمن بإمكانية ذلك)، فمن المنطقي أن نشجع الناس (الجيدين) على أن ينجبوا المزيد من الأطفال تحسين النسل (الإيجابي)، ومنع (السيئين) من أن يتكاثروا تحسين النسل (السلبي). كان تحسين النسل الإيجابي هو الشكل الأكثر شيوعًا في بريطانيا. شجعت الحملات الأزواج المتعلمين من الطبقة الوسطى على إنجاب المزيد من الأطفال، على افتراض أن هؤلاء الأزواج كانوا (أفضل) بطريقة ما من العمال العاديين وزوجاتهم. في أواخر تسعينيات القرن التاسع عشر، كانت الحكومة قلقة من تراجع اعداد المجندين لحرب البوير في جنوب إفريقيا. ورُفض عدد كبير من المتطوعين لأنهم غير لائقين جسديًا، وغير قادرين حتى على حمل بندقية. ثم شهدت الحرب العالمية الأولى، التي امتدت للفترة من 1914 إلى 1918، حدوث مجازر جماعية في ساحات المعارك في أوروبا. افترض كثيرون أن

الذين فقدوا كانوا في الغالب من أفضل السكان. كانت كل دولة في جميع أنحاء العالم الغربي قلقة من جودة وقوة سكانها.

كان علم تحسين النسل السلبي أكثر شرًا. افترض الكثيرون إنه من المعقول أنْ يتم التحفظ على الأشخاص الذين كانوا يعانون من اضطراب عقلي أو (غير طبيعيين)، أومجرمين، أوحتى المعوقين وآخرين ممن يعيشون على هامش المجتمع. في الولايات المتحدة الأميركية، أصدرت العديد من الولايات قوانين تفرض التعقيم، لمنع هؤلاء الأشخاص من إنجاب الأطفال. مارس النازيون في ألمانيا منذ الثلاثينيات وحتى هزيمتهم في الحرب العالمية الثانية عام 1945، أسوأ الفظائع. وباسم الدولة، قاموا في البداية باحتجاز الملايين من الناس ثم قاموا بقتلهم الذين قرروا أنهم غير صالحين للعيش. تم جمع اليهود، والغجر، والشاذين جنسيًا، المضطربين أو الناقصين عقليًا، والمجرمين: وتم إما إرسالهم إلى معسكرات الاعتقال أو أعدموا.

جعلت الفترة النازية من (تحسين النسل) كلمة قذرة. وكما سنرى لاحقًا، يعتقد بعض الناس أن علم تحسين النسل يمكن أنْ يعود من الباب الخلفي، حيث يتعلم العلماء المزيد والمزيد عن ما نرثه، وكيف يؤثر علينا. نحن جميعًا بحاجة إلى العلم، ولكن يجب علينا جميعًا التأكد من أنه يتم استخدامه من أجل الخير.

الفصل الخامس والثلاثون



من أين جئنا؟

نعرف اليوم إننا نتقاسم 98 في المائة من الجينات مع أقرب أقاربنا من الحيوانات، الشمبانزي. هناك الكثير من التشابه، لكن هناك بعض الاختلافات المهمة. وفي حين أن الشمبانزي تتواصل فيما بينها إلّا أنها لا تتحدث مع بعضها مثلما يفعل البشر. ونحن يمكننا القراءة والكتابة. لنرجع خطوة إلى الوراء فسنجد أن البشر والشمبانزي، إلى جانب الغوريلا وorang – utans، عائلة Hominidae التي تُعرف عادة باسم (القردة العليا). نحن البشر أقل ارتباطا بالغوريلا وorang – utans ولكن في وقت ما في الماضي كانت كل المجموعات الأربع تتشارك في سلف مشترك، حيث تطوّرت منه كل مجموعة. كان ذلك منذ زمن بعيد، ربما خمسة عشر مليون سنة.

نحن نعتبر اليوم وجود (أبناء عم) لنا من القردة أمرًا مثيرًا ومزعجًا قليلاً. وأولئك الذين كتبوا عنها ودرسوها في الماضي كانوا يحملون نفس الشعور أيضًا. لقد تساءلوا عن مكان وجود هذا الحيوان الوحشي، الذي بدا مثلنا ولكن يختلف عنا إلى حد كبير، في الخلقة. في عام 1699، حصل عالم التشريح الإنجليزي، إدوارد تايسون (1651 – 1708) على جثة لشمبانزي ميت. قام بتشريح هذا الحيوان الغريب بعناية وقارن ما وجد مع ما يعرفه عن التشريح البشري. كانت هذه هي المرّة الأولى التي ينظر فيها أي شخص عن كثب إلى الشمبانزي. صنّفه تايسون ضمن السلسلة العظيمة للكون التي ألفها أرسطو كانت مرتبته بعدنا مباشرة. كان من الطبيعي، كما جادل، أنْ تنجح بعض الحيوانات في التغلب على الفجوة بين البشر وبقية المملكة الحيوانية. هو لم يقل ذلك، لكن تايسون أشار إلى الحاجة إلى البحث عن (حلقة مفقودة) في السلسلة، وهي ما يربطنا بالحيوانات الأخرى.

في بريطانيا وألمانيا وفرنسا، تمّ الكشف عن عدد متزايد من القطع الأثرية البشرية مثل سهام الصوان ورؤوس الفؤوس. كان هذا دليلاً مثيرًا على وجود الإنسان منذ آلاف السنين. تمّ العثور على هذه الأدوات في كثير من الأحيان في الكهوف ومواقع المتحجرات بين البقايا الأحفورية للحيوانات المنقرضة – النمور المخيفة ذات عظم الناب والماموث الصوفي العملاق. كان من الواضح إن هذه الحيوانات المنقرضة والبشر في العصر الحجري الذين صنعوا الأدوات كانوا يعيشون في نفس الوقت. عاش

البشر على الأرض منذ عشرات الآلاف من السنين، وليس الفترة الأقصر بكثير التي يعتقدها معظم الناس. لم يتفق الجميع، على هذا بالطبع، ولكن صديق داروين، توماس هنري هكسلي (1825 – 1895) لم تكن لديه شكوك. كان هكسلي متحمسًا لخبر اكتشاف (إنسان النياندرتال) في عام 1856 في كهف في وادي نياندر في ألمانيا. كتب هكسلي عن هذا الاكتشاف، وعن البشر المعاصرين والقردة العليا في كتابه (مرتبة الإنسان في الطبيعة) (1863). نحن نعلم الآن أن هذه كانت أول ثنائيات أحفورية لا تنتمي إلى جنسنا، الإنسان العاقل، الاسم البيولوجي الذي منحنا إياه لينايوس (الفصل) 19.

وهو الاسم المستخدم الآن للتعبير عن أنفسنا وعن أسلافنا المنقرضين، ومع اكتشاف المزيد من الأدلة الأحفورية، تصبح المجموعة أكبر. شجرة الحياة آخذة في النمو، ويجري شَغْلها تدريجيًا.

في ذلك الوقت، كان هكسلي حذرًا بما فيه الكفاية ليعترف بأن اكتشافًا واحدًا لا يخبرك بكل شيء عن نوع كامل، ولذلك احتفظ بإنسان النياندرتال في نفس النوع مع البشر المعاصرين. لكنه كان واثقًا من أن هذه العينة قديمة جدًا، وتطلبت فترة طويلة بما يكفي للتطوّر. كان هناك بالتأكيد بعض التغييرات، على الرغم من أن إنسان نياندرتال كان مماثلاً بما فيه الكفاية بالنسبة لنا، كان أيضًا مختلفًا تتميز الجمجمة بحواف جبين هائلة وجوف أكبر بكثير للأنف. كانت نسب الأطراف والجسم مختلفة بالنسبة لتلك التي عندنا. كان من الممكن حتى أن هذه

كانت هيئة مشوهة وليس نوعًا آخر للإنسان. في الوقت الذي كنا نتعلم فيه أن إنسان نياندرتال كان أول من كان يطلق عليه اسم (هومينينز) يقوم بدفن أمواته.

كان هكسلي يعرف كل شيء عن أفكار داروين حول التطور البشري قبل أنْ ينشر الرجل العظيم كتابين في تتابع سريع يوضح أفكاره وأدلته عن أسلافنا. في عام 1871 قام كتابه أصل الإنسان بشرح ما تجنب داروين فعله في كتابه حول أصل الأنواع: فقد ركز في كتابه الذي أجبر عليه عن عالمنا على الحديث على الجنس البشري. في عام 1872، أضاف كتابه (التعبير عن العواطف في الإنسان والحيوان) بعدًا نفسيًا مهمًا لحجته. استند في كتابه إلى مراقبة حذِرة لأطفاله، وابتساماتهم وتجهّماتهم، من بين العديد من السلوكيات الأخرى. كان البشر جزءًا من الحياة على الأرض، مثل جميع الأنواع الأخرى من النباتات والحيوانات. وخلص داروين إلى أن أسلافنا ربما عاشوا في أفريقيا، حيث نشأ البشر لأول مرّة.

كان تصوير داروين للتطوّر بوصفه (شجرة الحياة) يعني إننا لا يمكن أنْ ننحدر من القردة الحديثة. لكن ارتباطنا (بالرجل القرد) كان هو الذي استحوذ على خيال الجمهور على الفور. تمت مناقشة أفكاره حول التطوّر علنًا لأول مرة في اجتماع حاشد في أكسفورد، نظمته الجمعية البريطانية لتقدم العلوم. كانت الجمعية تهدف إلى جلب أحدث المعارف العلمية للجميع وتعقد اجتماعًا سنويًا حيث يتحدث العلماء ويناقشوا ما هو جديد. كان

الاجتماع الذي عقد في عام 1860 مليئًا بالدراما، فقد كانت فكرة (رجل القرد) مثيرة. وكان الجميع ينتظر بفارغ الصبر مناقشة أفكار داروين حول التطور، وكان الأسقف صموئيل ويلبرفورس يقود فريق المناهضين للداروينية وهكسلي يقود فريق المؤيدين للداروينية. توجه «ويلبرفورس»، الذي كان يعتقد نفسه ذكيّاً، بالسؤال إلى «هكسلي» إن كان ينحدر من القرود من جهة جده أم جدته. أجاب هكسلي إنه في الواقع يرغب أنْ ينحدر من قرد أكثر من أنْ يهدر وقته ويتعب دماغه في مثل هذا السؤال السخيف:

لم يفهم ويلبرفورس هذه النقطة تماماً. وظل غير مقتنع ولكن هكسلي ونظرية التطور هو من انتصر في ذلك اليوم.

شجعت اكتشافات وجود الإنسان منذ فترة طويلة على سطح الأرض علماء الطبيعة، وعلماء الأنثروبولوجيا (الذين يدرسون البشرية) وعلماء الآثار على طرح هذا السؤال: ما هو الشرط الأصلي لوجود البشر؟ ظهر (إنسان الكهوف) في هذه الفترة جراء الاكتشافات في الكهوف في بريطانيا وأوروبا. كان من الواضح أن سكان هذه الكهوف قد استخدموا النار. تمّ العثور على جميع الأسلحة والأدوات الحجرية وأدوات الطبخ. كما اكتشف علماء الأنثروبولوجيا والمستكشفون مجموعات الصيد والجمع في أفريقيا وآسيا وأمريكا الجنوبية، وأشاروا إلى أن جميع المجتمعات البشرية قد مرّت بمراحل مشتركة من التنمية الاجتماعية، أصبح أي. ب. تايلور (1832 – 1917)

أول أستاذ في علم الإنثروبولوجي في جامعة أكسفورد. استخدم فكرة (الآثار الثقافية الباقية) لطرح مسار كبير للتطور الاجتماعي والثقافي الإنساني. من خلال هذا كان يقصد الممارسات الاجتماعية والدينية والخرافات وطرق مختلفة لتنظيم العلاقات الأسرية. وفقًا لتايلور، وثبتت هذه الآثار في الناس (البدائيين) في أفريقيا، على سبيل المثال، وقدمت أدلة على الماضي المشترك للبشرية. أراد تايلور وآخرون فهم أصل اللغة والبحث في الإيماءات وطرق الاتصال الأخرى.

هذه النظرية الأنثروبولوجية المبكرة تناقض دينامية أوروبا وأميركا الشمالية وأستراليا ونيوزيلندا مع حياة غير متغيرة مفترضة للشعوب (البدائية)، أو حتى الثقافات الراسخة والمعقدة للهند والصين. ونحن نرى الآن إنه مفهوم متعجرف. وبتطبيقها على المجتمع الغربي، يبدو أن فكرة التنافس والنضال التطوري تفسر سبب ازدهار بعض الأفراد وعدم نجاح البعض الآخر. ومع ترسّخ قوة الرأسمالية الصناعية، بدأ تطبيق فكرة تطور (الداروينية الاجتماعية) - على الثقافة البشرية - لشرح سبب كون بعض الناس أثرياء والبعض الآخر فقير، وبعض الدول قوية وغيرها ضعيفة لقد برّرت الداروينية الاجتماعية انتصار الأفراد أو الأجناس أو الدول القوية على الأضعف.

بينما كان بعض الناس يناقشون الداروينية الاجتماعية، كان آخرون يناقشون التطور البيولوجي. حتى تسعينيات القرن التاسع عشر، كانت جميع بقايا الإنسان المتحجرة التي تمّ اكتشافها هي

من نوع هومو سابينس. بقي وضع رجل الإنسان البدائي غير مؤكد. بعد ذلك، ذهب عالم أنثروبولوجيا هولندي، يدعى يوجين دوبوا (1858 - 1940) إلى جزر الهند الشرقية الهولندية، بحثًا عن دليل على التطور البشري في أرض أورانج أوتان. في جاوة (التي تعرف الآن بإندونيسيا)، وجد الجزء العلوي من جمجمة متحجرة تعود إلى مخلوق غير بشري كان يسير في وضع مستقيم. أطلق على هذا المخلوق اسم (إنسان جاوة). تحوّل الانتباه إلى آسيا، كمكان لابد أنْ تطوّر فيه البشر. أثار اكتشاف إنسان جاوة، جنبًا إلى جنب مع العثور على هيكل عظمي بشري آخر قديم وجد في فرنسا من سلالة الكرومانيون الأسئلة حول ما هو الأسبق. هل كان المشي بانتصاب على قدمين؟ أم الدماغ الكبير؟ أوظهور اللغة والعيش في مجتمعات؟

لقد كان هناك العديد من الاكتشافات لجنس الهومينين لما قبل البشر في آسيا. ولكن في القرن العشرين، كانت أفريقيا هي المكان الذي أثبت فيه مدى دهاء التنبؤ الذي قام به داروين. في عام 1924، تمّ الكشف عن أحفورة بواسطة عالم التشريح الأسترالي رايموند دارت (1893 - 1988).

وأصبحت تعرف باسم (طفل تونغ وأشار إلى أهميتها)، دكتور روبرت بروم (1866 - 1951) من جنوب أفريقيا. كان لطفل (تونغ) أسنان مثل طفل بشري، لكن دماغه كان أقرب إلى القردة منه إلى الإنسان. كان بروم يعتقد إن الأحفورة التي اكتشفها دارت (والعديد منها وجد في وقت لاحق، بما في ذلك

لأفراد كبار في السن) كانت لسلف قديم للبشر. اطلق عليه دارت تسمية Australopithecus africanus وتعني حرفيًا، (القرد الجنوبي لأفريقيا). نعتقد الآن أن عمره يتراوح بين 2,4 إلى 3 ملايين سنة.

بعد طفل نونغ قدمت إفريقيا العديد من المتحجرات الهامة الأخرى، مما ساعد على تجميع أصل الإنسان التطوري. جعل الزوجين العالمين لويس وماري ليكي (1903 - 1972؛ 1913 - 1996) القصة البشرية أكثر شهرة. فقد كانا يعملان في خمسينيات القرن العشرين بشكل أساس في أولدفاي جورج في كينيا وشدد لويس ليكي على أن أوائل البشر الهومينيين كانوا من صانعي الأدوات. وقد أطلق على أحد أحافير البشر الذين عاشوا ما بين 1,6 إلى 2,4 مليون سنة. اسم هوموهابيليس وتعني شخص متعدد الحرف واكتشفت ماري ليكي في سبعينيات القرن الماضي بعض آثار الأقدام التي كان عمرها 3,6 مليون سنة، محفوظة في الرماد البركاني الذي تصلب. كانت آثار الأقدام لثلاثة من الهومينيين المنتصبي القامة جنبًا إلى جنب مع آثار الحيوانات الأخرى، وأشار أن المشي على قدمين جاء في المقام الأول، قبل أنْ يتطوّر لدى الهومينيين الدماغ الكبير.

في النصف الأول من القرن العشرين، كانت دراسة عظام الأحافير البشرية معقدة بسبب بعض الاكتشافات الغريبة في حفرة من الحصى في قرية بيلتداون، شرق ساسكس، في جنوبي إنكلترا.

بدأت الاكتشافات في عام 1908. ثم في عام 1912، أعلن عالم آثار محلي من الهواة يدعى، تشارلز داوسون (1864 - 1916)، استعادة جمجمة في بيلتداون. إن العثور على الجمجمة ولّد إثارة هائلة. كان لدى (إنسان بيلتداون) جمجمة بشرية تبدو حديثة مع عظم فك يشبه الذي عند القرد.

بدا وكأنه رابط مفقود حقيقي، وهو نوع من (إنسان قرد). قام عدد من العلماء البارزين بنشر أبحاث حول هذه الأحفوريات الغريبة. ولكن كان من الصعب وضعها في التسلسل الناشئ من أحافير الهومينيين الجدد وقدماء القردة. لطالما بدا بيلتداون مريبًا، وفي أوائل الخمسينيات أثبتت تقنيات تحديد عمر الأشياء التي لم تكن متاحة في عام 1908 إنها كانت تزويرًا كبيرًا. جمع إنسان بيلتداون بين جمجمة بشرية حديثة وفك لإنسان الغاب، منقوع في مواد كيميائية لجعله يبدو قديمًا. كما تمّ رفع الأسنان. لا أحد متأكد مَنْ قام بذلك كان (هناك) العديد من المشتبه بهم ولكن لم تكن هناك قناعة نهائية، داوسون نفسه كان على رأس قائمة المشتبه بهم.

مع الكشف من أن إنسان بيلتداون كان خدعة، يمكن وضع متحجرات الهومينيين الأخرى في ترتيب أكثر احتمالاً، باستخدام التاريخ الإشعاعي لمعرفة عمرها، ومقارنة خصائصها الفيزيائية. وأصبحت إحدى الأحفوريات على وجه الخصوص، الملقبة بلوسي، من المشاهير، فقامت برحلة وتمّ كتابة (سيرتها الذاتية)، تمّ الكشف عن لوسي في إثيوبيا في عام 1978، وتمّ

الكشف عن أكثر من نصف هيكلها العظمي. عاشت قبل حوالي ثلاثة إلى أربعة ملايين سنة، قبل وقت طويل من ظهور طفل تونغ ومثله فهي تعود إلى جنس Australopithecus ولكن إلى نوع أقدم هو، أي قرد أفار، afarensis 'ape of Afar كانت سيقان لوسي وحوضها وقدميها تشير إلى أنها ربما كانت تسير منتصبة وتتسلق الأشجار أو الصخور. لم يكن تجويف دماغها أكبر بكثير من مثيله في الشمبانزي الحديث، لكن حجم دماغها كان أكبر من حجم دماغ الشمبانزي، بالنسبة لحجم جسمها. نسبة الدماغ إلى الجسد هي دليل أفضل للوظائف العقلية من مجرد حجم الدماغ: الفيلة لديها أدمغة أكبر من البشر، لكن نسبة حجم الدماغ للجسم - أصغر. هناك بالطبع العديد من العوامل الأخرى التي تشير إلى (الذكاء) من مجرد حجم الدماغ. لقد أظهرت لوسي بالفعل خصائص (مختلطة)، وليس حتى (إنسانية) بشكل فظ، بل هي مخلوق ناجح بحد ذاته.

لقد سمحت لنا مئات الأحفوريات عن الهومينيين التي وجدت في أنحاء كثيرة من العالم بالحصول على فكرة واضحة عن المسار التطوري الذي أدى إلى الإنسان الحديث. يمكننا حتى معرفة ما كان يتناوله أسلافنا وما نوع الطفيليات التي كان يصابون بها. يحتوي اللغز على العديد من القطع المفقودة، وهناك الكثير من النقاش حول التفاصيل: ماذا يقول لنا هذا السن، أو شكل عظم الفخذ هذا؟ سيكون هناك المزيد من المفاجآت في المتجر أيضًا، لأن الحفريات يتم اكتشافها باستمرار. في عام 2003، عثر

عالم الآثار الأسترالي مايك موروود وزملاؤه في إندونيسيا على أحافير لكائنات بشرية صغيرة في جزيرة فلوريس. لقد عاشت منذ 15000 سنة، لكنها من الأنواع المجهولة.

ما يزال الوضع الدقيق لـ (Homo floresiensis)، إنسان فلوريس ولقبه الهوبيت غير مؤكد. فالمحاولات في تحليل الحمض النووي (وهي الطريقة الأكثر موثوقية لإقامة العلاقات البيولوجية) لم تنجح حتى الآن.

إن فهم كيفية تعامل إنسان النياندرتال مع البشر المعاصرين يعد تحديًا مثيرًا أيضًا. كانت هذه الأنواع تعيش بالتأكيد في نفس الوقت الذي عاش فيه الإنسان العاقل في أوروبا، قبل 50 ألف سنة أو نحو ذلك. ونحن نحمل بعضًا من جيناتها. هل ساهم مجيء الإنسان العاقل، (الإنسان العصري)، في إنقراض إنسان نياندرتال؟ لسنا متأكدين. هل توالدوا مع بعضهم البعض؟ من المحتمل. عانى كل من إنسان نياندرتال والهومو سابينس من درجات الحرارة الأوروبية الشديدة البرودة في المرّة الأخيرة التي غطت فيها الأنهار الجليدية أوروبا، لم ينجو إنسان النياندرتال.

لإعادة بناء شجرة العائلة البشرية من الأحفوريات ذات الأعمار المختلفة، وفي مواقع مختلفة، نستخدم نفس الأدوات والتقنيات كما نفعل مع الحيوانات الأخرى مثل الحصان أو فرس النهر. بالطبع، هناك الكثير من العاطفة التي ينطوي عليها العمل، عندما يكون هناك بشر بدلاً من أفراس النهر. لكن الدليل موجود، ويستمر علماء الأحاثيات وعلماء الأنثروبولوجيا وعلماء الآثار

وغيرهم من المتخصصين في تجميع القطع معًا. لقد استخدموا الأدلة لإثبات أن الهومينيين، بما في ذلك، في نهاية المطاف، الهومو سابينس، قد عاشوا لأول مرة في أفريقيا وانتشروا من هناك. ما يزال هناك الكثير مما لا نعرفه عن هجرات الهومينيين الأوائل. هل كانت لديهم تحركات عديدة خارج إفريقيا؟ ما الذي أدى إلى التطور السريع للدماغ الكبير الذي يحدد نوعنا الخاص بعيدًا عن أبناء عمومتنا؟ يتناول العلم الطريقة، وليس السبب. يبدو هذا صحيحًا بشكل خاص عندما نفكر في أصولنا، وكما يقول هكسلي، مكان الإنسان هو في الطبيعة.



الفصل السادس والثلاثون



العقار العجيب

من المحتمل أن يصل عدد البكتيريا الموجودة على وجه الأرض إلى خمسة ملايين تريليون تريليون. وهذا العدد يعني 5 × 1030 أو رقم 5 أمامه ثلاثون صفرًا – وهو عدد مذهل. يمكن للبكتيريا أنْ تعيش في أي مكان تقريبًا على الأرض: في التربة والمحيطات وفي أعماق الأرض وعلى الصخور وفي جليد القطب الشمالي وفي مياه السخانات التي تغلي فوق جلدنا وداخل أجسامنا. تفعل البكتيريا كل أنواع الأشياء المفيدة – بدونها ماذا سيحدث لكل تلك النفايات التي تهضمها؟ نحن نستفيد من هذه البراعة الهضمية أيضًا. فالبكتيريا التي تعيش في أحشاءنا تساعدنا على تكسير الطعام الذي نأكله لتحرير البروتينات والفيتامينات. حتى أن بعض البكتيريا تحوّلت إلى أدوية مفيدة،

إلى جانب بعض الكائنات الدقيقة الأخرى، مثل الفطريات. وقد وصف لمعظمنا بعض من هذه المضادات الحيوية.

في القرن التاسع عشر، اكتشف العلماء مدى الضرر الذي تسببه بعض أنواع البكتيريا، التي تسبب الإصابة ببعض الأمراض وتلوث الجروح. يحكي الفصل السابع والعشرين قصة كيف أصبحت (النظرية الجرثومية) للأمراض مقبولة عند العلماء. الذين بدأوا مباشرة، في البحث عن عقاقير يمكن أنْ تقتل البكتيريا التي تهاجم الإنسان دون الإضرار بخلايا جسمه. وكما قال الطبيب الألماني بول إيرليخ (1854 – 1915) فإن الأمر أشبه بالبحث عن (رصاصات سحرية)، وقد توصل هذا الطبيب إلى اكتشاف دواء لعلاج مرض الزهري، لكنه كان يحتوي على الزرنيخ، وهو مادة سامة، لذا كان يجب استخدام هذا الدواء بحذر شديد وكانت له آثار جانبية خطيرة، في منتصف الثلاثينيات من القرن العشرين، بدأ عالم الصيدلة الألماني جيرهارد دوماك (1895 – 1964) في استخدام عنصر الكبريت الكيميائي. (علم الصيدلة هو العلم الذي يختص بدراسة الأدوية والعقاقير). لإنتاج مركب يسمى برونتوسيل والذي كان فعالاً ضد عدة أنواع من البكتيريا المسببة للأمراض. كانت ابنته واحدة من أول المرضى الذين قام بتجريب الدواء عليهم، حيث كانت يدها مصابة بنوع من البكتيريا تدعى بالمكورات العقدية، وهي بكتيريا مقرفة تسبب التهابات في الجلد. وقد قال الأطباء حينها إن الطريقة الوحيدة لمحاولة إنقاذها من العدوى التي تهدد حياتها هي بتر ذراعها.

لكن دواء البرونتوسيل نجح في القضاء على العدوى. وأثبت فعاليته في معالجة الحمى القرمزية والعدوى البكتيرية القاتلة التي تسمى حمى النفاس، والتي كانت تسبب موت النساء بعد الولادة. بدأ استخدام البرونتوسيل على نطاق واسع منذ عام 1936 وساهم في انخفاض كبير في عدد هذه الوفيات. وكانت الأدوية الأخرى التي تحتوي على الكبريت من بين أفضل الأدوية التي يمكن أنْ يصفها الأطباء ضد بعض أنواع البكتيريا. فاز دوماك بجائزة نوبل في عام 1939 (على الرغم من أن النازيين في ذلك الوقت منعوا الألمان من قبولها).

جاءت جائزة نوبل التالية التي منحت عن اكتشاف دواء جديد في عام 1945. تشارك في الجائزة ثلاثة رجال، وهم الاسكتلندي ألكسندر فليمنغ (1881 - 1955)، والأسترالي هوارد فلوري (1898 - 1968) واللاجئ الألماني إرنست تشين (1906 - 1979)، لاكتشافهم البنسلين، وهوأول (مضاد حيوي). والمضاد الحيوي هو مادة ينتجها أحد الكائنات المجهرية يمكنها أنْ تقتل الكائنات المجهرية الأخرى. إنه يسخر لمصلحتنا شيء موجود في عالم الطبيعة طوال الوقت. يستخلص البنسلين من مصدر طبيعي، من كائنات حية مجهرية تدعى Penicillium notatum، وهو نوع من العث أو الفطريات. يمكنك أنْ ترى حلقات صغيرة من الفطريات الزرقاء تنمو على الخبز القديم والمتعفن. إذا كنت ترغب في تناول الفطر، فأنت بالطبع تتناول نوعًا آخر من الفطريات. يعتقد أن هناك 1,5 مليون نوع من

الفطريات على كوكبنا. لديها دورات حياة معقدة بما في ذلك مرحلة الابواغ، والتي هي مشابهة لبذور النباتات. اليوم يمكن أيضًا أنْ يتم إنشاء المضادات الحيوية في المختبر وليس من مصدر طبيعي، لكنها تحمل نفس الفكرة الأساسية.

بدأت قصة البنسلين في عشرينيات القرن الماضي، ومثل كل تجارب النجاح الرائعة، لديها العديد من الحكايات التي تروى عنها. تقول أحدها إنه في عام 1928، انجرف أحد الابواغ لمادة متعفنة عبر نافذة مفتوحة في مختبر ألكسندر فليمينغ في مستشفى سانت ماري في لندن. ما لاحظه فلمينغ أن بعض البكتيريا التي كان قد زرعها على طبق بتري (وعاء مسطح دائري الشكل وشفاف مع غطاء، يصنع من الزجاج أو من اللدائن، ويستعمل من قبل علماء الأحياء لزراعة الخلايا) توقفت عن النمو حين هبط البوغ عليها. وحدد فلمنغ مصدر البوغ على أنه يعود إلى البنسيليوم (جنس من الفطريات المنتجة للعفن) فقام بمزيد من التجارب عليه ونشر نتائجها ليشاركها مع علماء بكتيريا آخرين. لكنه لم يتمكن من رؤية كيفية الحصول على ما يكفي من المادة التي انتجها البوغ ليتمكن من استخدامها. لذلك تركها كملاحظة مختبرية غريبة، وربما واعدة.

بعد عقد من الزمن، انغمست أوروبا في أتون الحرب العالمية الثانية. تجلب الحرب معها دائمًا الأمراض المعدية التي تنتشر بين الجنود والمدنيين على حد سواء. لذلك تمّ الطلب من أخصائي علم الامراض الطبيب هاوارد فلوري، الذي كان

يعيش في إنكلترا، البحث عن أدوية فعالة ضد العدوى. بدأ أحد مساعديه، ويدعى ارنست كين، بقراءة كل ما استطاع العثور عليه، بما في ذلك بحث قديم لالكسندر فلمنغ. ثم بدأ بعد ذلك في محاولة استخراج المادة الفعالة التي ينتجها عفن البنسلين. في آذار 1940، اكتشف مساعدهم المختبري، نورمان هيتلي (1911 - 2004)، طريقة أفضل للحصول على هذه المادة الواعدة. ولكونهم يعملون في ظروف صعبة في زمن الحرب، فلم يكن لديهم سوى القليل من الموارد، فقاموا باستخدام الحاويات السريرية التي تستخدم لقضاء الحاجة وخضاضات الحليب كحاويات لزراعة محاليل العفن. ومع ذلك، فقد حصلوا على بعض البنسلين النقي نسبيًا. أظهرت الاختبارات التي أجريت على الفئران إنه فعال جدا في السيطرة على العدوى. كان تنقية المادة المعجزة أمرًا بالغ الصعوبة: فقد توجب الأمر استخدام طن من محلول البنسلين الخام لإنتاج غرامين من العقار. كان المريض الأول لهم هو شرطي أصيب بخدش من نبتة شوكية. عندما تناول الدواء، تحسنت حالته لفترة وجيزة. وقد حاولوا القيام بتصفية بوله لاسترداد العقار الثمين، لكنه مات عندما نفدت المادة التي تزود بها.

لم يكن لدى بريطانيا في زمن الحرب الموارد الصناعية لإنتاج كميات كافية من البنسلين. لذلك سافر فلوري وهيتلي في تموز 1941، إلى الولايات المتحدة الأميركية لتشجيع شركات الأدوية الأميركية على أنْ تأخذ على عاتقها هذا الأمر. كان فلوري

عالمًا من الطراز القديم. وأعرب عن اعتقاده أن الاكتشافات مثل اكتشافاتهم هي في خدمة الجميع ولا ينبغي أنْ تسجل كبراءة اختراع. (البراءات هي وسيلة لحماية أفكار المخترعين والتأكد من عدم تمكن أي شخص آخر من استخدامه لأغراضه الخاصة). كان لدى الأميركيين أفكار أخرى. قامت شركتان على وجه الخصوص بتطوير طرق خاصة لإنتاج البنسلين على نطاق واسع. ومن أجل استعادة جميع الأموال التي استثمروها في البحث، قاموا بإبتكار براءات الاختراع، مما يعني إنه لا يمكن لأي شخص آخر استخدام أساليبه في صنع الدواء. بحلول عام 1943، كان البنسلين متاحًا للاستخدام العسكري وبعض الاستخدامات المدنية. وثبت أنه فعال ضد البكتيريا، التي تسمى بالمكورات العقدية وكذلك بعض الكائنات الحية التي تسبب الالتهاب الرئوي، والكثير من تلوث الجروح وبعض الأمراض المنقولة جنسيًا. وسرعان ما تمّ بذل ما يكفي لضمان أن أولئك الذين يمكن أن يعالجوا سيعيشون، وبخلاف ذلك يموت العديد من الأشخاص، وخاصة الجنود الذين يقاتلون لإنهاء الحرب.

بينما كان فلوري وفريقه مشغولين بالبنسلين، كان العالم سيلمان واكسمان (1888 - 1973) يعمل على خصائص المضاد الحيوي للبكتيريا. كان واكسمان قد جاء من أوكرانيا إلى الولايات المتحدة في عام 1910. كان مفتونًا بالكائنات الحية الدقيقة التي تعيش في التربة، وشاهد كيف أن بعض هذه الكائنات الدقيقة قد قتلت أنواعًا أخرى من البكتيريا في التربة. منذ أواخر عام 1930

حاول عزل مركبات من هذه البكتيريا والتي يمكن أنْ تكون بمثابة المضادات الحيوية. استطاع مع عدد من طلابه، عزل بعض المواد الفعالة، لكنها كانت شديدة السمية ولايمكن استخدامها مع البشر. بعد ذلك، في عام 1943، قام أحد Streptomyces طلابه بعزل نوع من البكتريا التي تسمى بالمتسلسلة وتمّ صنع عقار الستربتوميسين منها. وثبت إنه فعال وغير ضار أيضًا للمرضى. من المثير للدهشة، إنه عمل ضد البكتيريا التي تسبب مرض السل، هذا المرض الفتاك الذي تسبب بقتل أعداد من الناس أكثر من أي مرض آخر خلال معظم سنوات القرن التاسع عشر. على الرغم من أنه كان أقل شيوعًا في الغرب في أربعينيات القرن العشرين، إلّا أنه كان ما يزال يحصد أرواحًا كثيرة في كل مكان. وغالبًا ما كان ضحاياه من الشبان، تاركين أحبائهم مفجوعين، وأطفالهم بدون والديهم.

كان البنسلين والستربتوميسين مجرد بداية لمجموعة كاملة من المضادات الحيوية وغيرها من المواد الكيميائية التي عالجت الأمراض المعدية. جعلت الناس في السنوات التي أعقبت الحرب العالمية الثانية، متفائلين للغاية بشأن قوة الدواء في مكافحة هذه الأمراض وحتى القضاء عليها. بات يموت عددًا أقل من الناس في الغرب من الإصابة بالامراض المعدية، ما عدا الإصابات بالأمراض المعدية الجديدة مثل الإيدز، التي ما زالت مستمرة. لا شك أن العديد من الشباب في القرن الواحد والعشرين يستطيعون أنْ يعيشوا حياة صحية أكثر من حياة آبائهم أو أجدادهم.

ولكن إذا كان المتفائلون في الستينيات قد درسوا بعناية قصة (العقار المعجزة) السابق لآوانه، فربما أدركوا أن المعجزات بعيدة الاحتمال. كان ذلك الدواء السابق لآوانه هو الأنسولين، الذي يستخدم لعلاج مرض السكري منذ عشرينيات القرن الماضي مرض السكري هو مرض فظيع. إذا لم تتم معالجته، فإن الجسم يتدهور كثيرًا، ويصبح ضحاياه نحيفين للغاية، ويشعرون دائمًا بالعطش، ويتبولون بشكل متكرر ثم يصابون في النهاية بغيبوبة قبل أنْ يفارقوا الحياة. لقد كان يصيب الشباب في الغالب، الذين يموتون في غضون عامين. إنه مرض معقد، حيث أن الخلايا الخاصة التي تنتج الأنسولين بشكل طبيعي في البنكرياس - وهو عضو يوجد بالقرب من المعدة - يتوقف عن القيام بعمله. الأنسولين هو هرمون، (مرسال) كيميائي، ويحافظ على الكمية الصحيحة من السكر (الجلوكوز) في دمنا.

وفي حين أن اكتشاف البنسلين جاء أثر ضربة حظ موفقة، فإن قصة اكتشاف الأنسولين هي إحدى القصص التي تتحدث عن الأبحاث المضنية التي أجريت لمعرفة كيفية عمل بعض أجزاء الجسم. وقد أثبت الباحثون بالفعل دور البنكرياس بقيامهم بإزالته من الكلاب (أو الحيوانات الأخرى) التي عانت بعد ذلك من مرض شبيه بمرض السكري. في نهاية صيف عام 1921، وحين كان ج. ج. ار ماكلويد (1876 - 1935) الأستاذ في جامعة تورنتو، في كندا، في إجازة. أجرى جراح شاب يدعى فريدريك بانتينغ (1891 - 1941) ومساعده طالب الطب، تشارلز بيست

(1899 – 1978) سلسلة من التجارب البسيطة. وبمساعدة عالم الكيمياء الحيوية، جيمس كوليب (1892 – 1965) تمكنا من استخراج وتنقية الأنسولين من بنكرياس الكلاب. وعندما أعطوا الأنسولين للحيوانات التي اشتركت في التجارب والتي تمت إزالة البنكرياس منها، تعافت من مرض السكري الذي أصابها.

تم وصف الانسولين بأنه (قوة ذات نشاط سحري). كان يقوم فعليًا بإنقاذ ضحايا هذا النوع من مرض السكري من الموت المؤكد. أحدهم كان ليونارد طومسون، البالغ من العمر أربعة عشر عامًا، أول شخص عولج بالحقن بالأنسولين في عام 1922. وكان ليونارد يعاني من نقص حاد في الوزن ويرقد في المستشفى لأنه كان ضعيفًا للغاية. نجح الحقن في تخفيض نسبة السكر في دمه إلى المستويات الطبيعية، فازداد وزنه، وأصبح قادرًا على مغادرة المستشفى بصحبة حقنه وإمدادات الأنسولين.

بعد عام واحد، حصل بانتينغ والبروفسور ماكلويد على جائزة نوبل، وشاركوا مبلغ الجائزة المالية مع العالمين جارلس بيست وجيمس كوليب اللذين ساهما في اكتشاف الانسولين وقد أظهر هذا الإدراك السريع مدى أهمية أنْ يخلص كل شخص لعمله ويبذل كل جهده فيه. كان الأنسولين مهم جدًا. فقد منح سنوات من العمر الإضافي لكثير من الشباب الذين لولاه لكانوا قد ماتوا. ما لم يقدمه كان هو الحياة الطبيعية. كان على مرضى السكري مراقبة طعامهم، والمواظبة على حقن أنفسهم بحقن الإنسولين العادية، وإجراء اختبارات البول في كثير من الأحيان

لمعرفة نسبة السكر فيه. كان هذا أفضل بكثير من لا شيء. لكن بعد مرور عقد أو عقدين، بدأ العديد من مرضى السكري الأوائل يعانون من مشاكل صحية أخرى: الفشل الكلوي، وأمراض القلب، وصعوبات في النظر، وتقرحات مؤلمة على أرجلهم تأبى أنْ تشفى. حوّل الأنسولين مرضًا قاتلاً بشكل حاد إلى مشكلة تستمر طوال الحياة. نفس المشاكل تنطبق أيضًا على النوع الآخر من مرض السكري، والذي يحدث في الغالب في البالغين الذين يعانون من زيادة في الوزن ويسمى مرض السكري من النوع الثاني. إنه الآن هو الشكل الأكثر شيوعًا، ويعاني المزيد والمزيد من الناس منه. الوجبات الغذائية الحديثة تحتوي على الكثير من السكر والأطعمة المكررة، وأصبحت السمنة وباء عالميًا. قدمت العلوم الطبية يد المساعدة: يمكن أنْ تقلل الحبوب من نسبة السكر في الدم. لكن مرضى السكري من النوع الثاني يواجهون نفس النوع من المشاكل في وقت لاحق من الحياة. الطب ببساطة ليس مثاليًا في تنظيم مستوى السكر في أجسامنا مثلما تفعل أنظمتنا الطبيعية.

لقد أظهرت لنا الطبيعة إنه لا يمكننا الاعتماد على البنسلين والمضادات الحيوية الأخرى. هذه الأدوية لا تزال مفيدة، ولكن البكتيريا المسببة للأمراض استطاعت أن تتكيف معها. ينطبق اكتشاف داروين للانتقاء الطبيعي على الطبيعة، وقد طوّرت العديد من البكتيريا دفاعات ضد المضادات الحيوية التي اعتادت قتلها. وقد أظهرت بكتيريا المكورات العنقودية والعصيات

الدرنية (التي تسبب مرض السل) انها تمتلك قابلية للتكيف بشكل خاص. ومثلها مثل جميع الكائنات الحية الأخرى، فإن جيناتها الخاصة تحوّر أشكالها في بعض الأحيان، وهذا التحوّر الذي يساعدها على البقاء ينتقل إلى الجيل التالي. أصبح علاج العدوى الآن نوعًا من لعبة القط والفأر: تطوير عقاقير جديدة لمهاجمة الجراثيم التي تتطور لمقاومة أي شيء يمكننا من التخلص منها. إحدى المشاكل التي ظهرت مؤخرًا هي: MRSA (المكورات العنقودية المقاومة للميثيسيلين) والمقصود بها S. aureas وهي واحدة من تلك البكتيريا التي تعيش عادة على أجسامنا، وأنها تتميز بإمكانيتها التسبب في العدوى الطفيفة المعتادة حتى بمجرد الخدش. وشكل مقاومتها للمضادات الحيوية خطير للغاية. توجد عادة في المستشفيات لأن العديد من المضادات الحيوية تستخدم هناك، والبكتيريا التي تبقى حية هي تلك التي طوّرت من طرق مقاومتها. وليست البكتيريا وحدها هي التي تقاوم محاولاتنا للسيطرة على الأمراض. فبعض الطفيليات التي تسبب الملاريا تقاوم جميع الأدوية الموجودة لدينا تقريبًا.

نحن نعلم الآن أن الحشرات تميل إلى تطوير مقاومتها عندما لا يقوم المرضى بتناول كامل أدويتهم، أو عندما يتم إعطائهم الجرعة الخاطئة. يحدث أيضًا عندما يتم إساءة استخدام الأدوية: غالبًا ما يتم إعطاء المضادات الحيوية للمرضى بشكل غير لائق، فتعطى للالتهابات ونزلات البرد أو التهاب الحلق الناجمة عن الفيروسات. (المضادات الحيوية تقاوم البكتيريا، ولا يمكنها

فعل أي شيء ضد الفيروسات). إذا كانت جرعتك من المضادات الحيوية غير كافية لقتل البكتيريا المسببة للمرض، يمكن للعلاج أن يساعد البكتيريا المقاومة له على البقاء على قيد الحياة. وهذه البكتيريا قد تسبب في المستقبل مرضًا غير قابل للعلاج.

على الرغم من كل هذه المشاكل، يمتلك الأطباء العديد من العقاقير القوية والفعالة أكثر من أي وقت مضى. البعض منها، مثل الأنسولين، يسيطر على المرض بدلاً من علاجه، لكن كل هذه الأدوية الحديثة أعطت الناس في العالم (المتقدم) فرصة العيش حياة أطول. في العديد من البلدان في العالم (النامي) أيضًا، ارتفعت أيضًا توقعات الحياة. ولكن هناك مشاكل خطيرة لا تزال قائمة: ليس من السهل دائمًا رؤية الطبيب، أو الحصول على ما يكفي من الطعام، أو شرب الماء النقي، أو العيش في منزل مريح. منذ أوائل التسعينيات في القرن العشرين، اتسعت الفجوة بين الأغنياء والفقراء في البلدان الغنية، واتسعت أيضًا بين البلدان الغنية والفقيرة. ولا ينبغي أنْ تكون الأمور هكذا.

في وقتنا الحاضر يكلف توفير الرعاية الطبية الكثير من المال نحن نستخدم الكثير من التكنولوجيا الذكية لتشخيص المرض ثم معالجته. يتطلب تطوير واختبار عقاقير جديدة الآن أموالاً أكثر بكثير مما كان يتطلبه إنتاج البنسلين. لذلك نحن بحاجة إلى رعاية أنفسنا كلما استطعنا إلى ذلك سبيلا. بغض النظر عن المدى المدهش الذي وصلت إليه الأدوية، فإنه ما يزال من الصحيح القول إن الوقاية خير من العلاج.

الفصل السابع والثلاثون



المكونات الأساسية للمادة

مع مرور الوقت، كان العلماء يتخصصون في المجالات التي اختاروها. ومع ذلك، فقد كان علماء الأحياء تقليديًا يمارسون علم الأحياء، والكيميائيون يعملون في مجال الكيمياء، والفيزيائيون يعملون في مجال الفيزياء. إذن ما الذي حدث في ثلاثينيات القرن العشرين، وجعل الكيميائيون الأوائل، ثم علماء الفيزياء، يقرروا أن الوقت قد حان لأن يتعاطوا مع مشاكل علم الأحياء؟ كان مجال بحث الكيمياء يتضمن كيف تتحد العناصر والمواد وكيف تتفاعل فيما بينها. لكن أصبح من الواضح أن الكائنات الحية - موضوع علماء الأحياء - كانت مكونة من بعض عناصر الجدول الدوري الذي يستخدمه الكيميائيون، مثل الكربون والهيدروجين والأوكسجين والنيتروجين. يدرس علم

الفيزياء المادة والطاقة، والتي كانت مليئة بالذرات وجسيماتها الأصغر من الذرة. ألم تكن تلك طريقة لفهم المزيد عن عناصر الكيميائيين؟ باختصار، لا يمكن للكيمياء والفيزياء تفسير الكائنات الحية كسلسلة من التفاعلات الكيميائية والهياكل الذرية؟ وربما يقدم ذلك إجابة لأحد أقدم الأسئلة في العلوم: ما هي الحياة؟

في العقود الأولى من القرن العشرين، استخدم توماس هانت مورجان ذبابة الفاكهة الصغيرة ليبين أن الكروموسومات الموجودة في نواة الخلية هي التي تحمل المادة الوراثية. و(المادة الوراثية) كلمة مناسبة لها. كان علماء الوراثة ماهرون في إظهار ما تفعله هذه المادة الوراثية. يمكن أنْ تظهر كيف يمكن للجينات المختلفة، على أجزاء مختلفة من الكروموسوم، أنْ تؤدي إلى تطور العين أو الجناح. حتى أنها يمكن أنْ تظهر كيف أن الطفرات التي تنتجها الأشعة السينية يمكن أنْ تؤدي إلى ظهور أشكال غير عادية للاجنحة لأنها تعتقد إنها تؤثر على الجينات. لكنهم لم يعرفوا ما هو الجين.

هل يمكن أنْ تكون البروتينات هي المادة الوراثية؟ تعتبر البروتينات مادة أساسية للعديد من التفاعلات التي تحدث داخل أجسامنا. كانت البروتينات هي المجموعة الأولى من المركبات التي يتم دراستها بشكل منهجي من قبل علماء الأحياء الجزيئي. كما يوحي الاسم، فان علم الأحياء الجزيئي هو العلم الذي يسعى لفهم كيمياء الجزيئات في الكائنات الحية، وكيف

تعمل. البروتينات هي في الغالب جزيئات كبيرة جدًا ومعقدة. وهي تتكون من مجموعات من الأحماض الأمينية، وهي مركبات أصغر وأبسط من البروتينات. ولكونها أبسط، كان من الأسهل معرفة ما الذي تتكون منه الأحماض الأمينية، باستخدام أسلوب التحليل والتركيب الكيميائي العادي. هناك حوالي عشرين من الأحماض الأمينية تمثل اللبنات التركيبية التي تشكل في توليفات مختلفة جميع البروتينات في النباتات والحيوانات.

كانت كيفية تناسب هذه الأحماض الأمينية مع بعضها البعض لصنع البروتينات مسألة أكثر صعوبة. كان هذا هو المكان الذي بدأت فيه الفيزياء تلعب دورًا - وتبين أن الأشعة السينية قدمت أدلة. كان أول شيء هو عمل بلورة من البروتين الذي تريد دراسته. بعد ذلك، تقصفت البلورة بالأشعة السينية. وعندما تصطدم الأشعة السينية بالبلورة، فإنها سوف تنحني أثناء مرورها، أو قد تنعكس مرة أخرى في نمط معين، يعرف باسم نمط الحيود. يمكن التقاطه على صورة فوتوغرافية.

قراءة الأنماط التي تمّ التقاطها على لوحة التصوير هي عمل صعب. ما تراه هو صورة معقدة من الكثير والكثير من النقاط والظلال. أنت تنظر إلى صورة مسطحة ثنائية البعد ولكن عليك أنْ تفكر في ثلاثة أبعاد، ولن يساعدك مجرد وضع نظارات ثلاثية الأبعاد. فبالإضافة إلى قدرتك على تصور الصورة، تحتاج أيضًا إلى معرفة الكيمياء الخاصة بك وفهم كيفية ارتباط العناصر معًا. وأن تكون جيدًا في الرياضيات أيضًا. كان الشخص الذي تولّى

هذا التحدي الكيميائي هي دوروثي هودجكن (1910 – 1994) التي كانت تعمل في جامعة أكسفورد. نحن ندين جزئيًا بما نعرفه عن بنية البنسلين وفيتامين بي 12 والأنسولين إلى بحثها في علم البلوريات بالأشعة السينية. فازت بجائزة نوبل عام 1964. وكان لينوس بولينغ (1901 – 1994) جيدًا أيضًا في استخدام الأشعة السينية لوضع بنية المركبات الكيميائية المعقدة. في سلسلة من التجارب الرائعة، تمكن هو وزملاؤه من إثبات إنه إذا كان هناك حمض أميني واحد مفقود من جزيء الهيموغلوبين الموجود في خلايا الدم الحمراء، فإنه سينتج مرضًا خطيرًا: هو فقر الدم المنجلي. (بدلاً من كونها مستديرة، تتشكل خلايا الدم الحمراء التي تحتوي على هذا الهيموغلوبين مثل المنجل). يوجد هذا الخلل الجزيئي في معظمه في أفريقيا، حيث توجد الملاريا دائمًا. ومن المفهوم الآن إنه يفيد الأشخاص الذين يعانون من النواقص، لأن الخلايا المنجلية تساعد في الحماية من أخطر أشكال الملاريا. هذا مثال على تطور الإنسان في العمل. إن الأشخاص الذين لديهم سمة فقط (جينة واحدة موروثة بالطريقة التي درسها مندل لأول مرة في البازلاء) يعانون من فقر الدم المتوسط، لكنهم أكثر مقاومة للملاريا. الأفراد الذين يرثون جين خلية المنجل من كلا الوالدين يعانون بشدة من مرض فقر الدم. وقد تمّ تحديد أعراض فقر الدم المنجلي في أوائل القرن العشرين. بعد مرور خمسين سنة، استخدم بولنغ التقنيات الجديدة لعلم

الأحياء الجزيئي لفهم ما يجري، وافتتح بحثه عصر جديد في الطب: والطب الجزيئي.

بعد نجاحه مع البروتينات، أحرز باولينغ على الأغلب الإنجاز الأكبر: الكشف عن البنية الجزيئية للجينات. وأظهرت تجاربه على الأشعة السينية أن العديد من البروتينات، مثل تلك التي تصنع شعرك وعضلاتك، أو تحمل الأوكسجين الخاص بك على جزيئات الهيموغلوبين، لها شكل خاص. وغالبًا ما تلتف في شكل لولبي (حلزوني). في أوائل خمسينيات القرن العشرين، اعتقد الكثير من العلماء أن الجينات تتكون من حمض ديوكسي ريبونوكلييك. يعرف هذا المركب بشكل أفضل باسم الحمض النووي، ومن السهل كثيرًا تلفظه. تمّ اكتشاف الحمض النووي في عام 1869 ولكن الأمر استغرق وقتًا طويلاً لفهم ما يمكن أنْ يفعله وما يمكن أنْ يبدو عليه. في عام 1952 أشار باولينغ إلى إنه جزيء ملفوف طويل يتكون من ثلاثة فروع ملتوية معًا – وهو ما كان يسمى الحلزون الثلاثي.

بينما كان بولينغ يعمل في كاليفورنيا، كانت هناك مجموعتان في إنكلترا تسعيان ورائه. في كينغز كوليدج، في لندن، كان الفيزيائي موريس ويلكنز (1916 – 2004) والكيميائي روزاليند فرانكلين (1920 – 1958) يتحولان ليصبحا عالمين في مجال علم الأحياء الجزيئي. كان فرانكلين ماهرًا بشكل خاص في إنتاج وقراءة الصور التي تنتجها بلورات الأشعة السينية. في كامبردج، تخلى شاب أميركي، هو جيمس واتسون (مواليد 1928)، عن اهتمامه

السابق بعلم الطيور (دراسة الطيور) وتعاون مع فرانسيس كريك (1916 – 2004). كان كريك قد درس الفيزياء، وبعد أن عمل كفيزيائي لدى الأميرالية البريطانية أثناء الحرب العالمية الثانية، عاد إلى الجامعة بصفة طالب أسبق، وهذه المرة لدراسة علم الأحياء. سوف يصبح واتسون وكريك أشهر ثنائي عملا في مجال العلوم.

شارك كريك تجربته في تحليل الأشعة السينية لبنية البروتينات. لقد عرف هو وواتسون أن الحمض النووي موجود على الكروموسومات في نواة الخلية – نفس مكونات الخلية التي حلها مورغان قبل ثلاثين عاماً. فصنعوا قصاصات الورق وأنشأوا نماذج لمساعدتهم على رؤية الهياكل الممكنة للحمض النووي. استفادوا أيضًا من الصور التي أنتجها فرانكلين. في وقت مبكر من عام 1953 قاموا بإنشاء نموذج جديد يطابق جميع بيانات الأشعة السينية. وقالوا إن هذا هو الصواب. تقول القصة إنهم أقاموا احتفالاً في الحانة في تلك الليلة، وإنهم زعموا إنهم اكتشفوا (سر الحياة).

إذا كان الآخرون الذين تناولوا الكحول في تلك الليلة لم يكن يعرفوا شيئًا عن الأمر، وكانوا يتساءلون عما يقصده هذان الشخصان، فإن قراء المجلة العلمية الأسبوعية الطبيعة سيكتشفونه قريبًا. نشر كريك وواتسون النتائج التي توصلوا إليها في عدد المجلة الذي صدر في 25 نيسان 1953، والتي شملت أيضًا مقالة من فريق لندن المؤلف من ويلكنز وفرانكلين.

لكن كان كريك وواتسون هما اللذان أظهرا أن الحمض النووي يتكون من شريطين ملتويين، وليس ثلاثة كما قال بولينغ. تمّ ربط الخيوط ببعضها البعض بواسطة قطع ملفوفة حول بعضها البعض - بحيث تبدو وكأنها سلالم مرنة طويلة ملتوية في دوامة. وإن القوائم الموجودة أعلى السلم هي نوع من السكر - يمثل جزء D أو deoxyribo من الجزيء والفوسفات. كل درجة من السلم مصنوعة من زوج من الجزيئات: إما من الأدينين مع الثايمين، أو السيتوزين مع الجوانين. أصبحت هذه الازواج تعرف باسم (أزواج قاعدية) من الجزيئات. إذا كان هذا هو الهيكل، فكيف يمكن أن يفسر (سر الحياة)؟

وترتبط الأزواج القاعدية معًا بروابط هيدروجينية. عندما تنقسم الخلايا، تتفكك اللفائف، كما لو كانت (تنحل). يمثل النصفين الآن قوالب لسلسلتين متطابقتين والتي يتم صنعها من قبل الخلية. لذا فقد أظهر واتسون وكريك كيف يمكن نقل الجينات من الوالدين إلى نسلها، وكيف أن خلايا (الابنة) ستحتوي على نفس مجموعة الجينات الموجودة في الخلية الأصلية (الأم). كانت الفرضية بسيطة ومرتبة، وبدت واضحة على الفور. في عام 1962، عندما قبل المجتمع العلمي بشكل كامل بنية ودور الحمض النووي، تشارك كريك وواتسون وويلكينز بجائزة نوبل. ثلاثة أشخاص فقط يمكنهم أنْ يتشاركوا رسميًا في جائزة نوبل. لكن روزاليند فرانكلين ظل يتذكرها الجميع:

لقد توفيت بسرطان المبيض، وكانت تبلغ من العمر 38 عامًا فقط، في عام 1958.

مضى فرانسيس كريك في طريقه، مع آخرين، لتفسير سبب أهمية الجينات للكائنات الحية، إلى جانب دورها في نقل الصفات الوراثية. ما تفعله الجينات في نشاطها اليومي هو صنع البروتينات. يتكون (الرمز الوراثي) من ثلاثة درجات متجاورة في السلم، وكل ثلاثة مستويات من الدرجات (الكودون) مسؤولة عن حمض أميني واحد. أظهر كريك كم هي صغيرة كمية جزيء الحمض النووي التي توفر الرموز للأحماض الأمينية التي تشكل البروتينات مثل الهيموغلوبين والأنسولين. أدرك علماء الوراثة أن ترتيب أزواج القاعدة داخل جزيء الحمض النووي أمر حاسم، لأن ذلك يحدد الأحماض الأمينية التي ستُبنى في البروتينات. البروتينات عبارة عن جزيئات معقدة للغاية، وتحتوي أحيانًا على عشرات الأحماض الأمينية، لذلك من الضروري وجود تسلسل طويل من الحمض النووي لصنع مثل هذا البروتين.

مع فهم العمل الأساس للحمض النووي، يمكن للعلماء الآن فهم أنواع الأشياء التي شاهدها مورغان في حجرة الذباب. كان مورغان ينظر إلى الخصائص المرئية للكائنات بأكملها – في حالته، كانت الذبابة بعيونها البيضاء الطبيعية أو العين الحمراء الطافرة. هذا النوع من السمات المرئية يسمى النمط الظاهري. من الآن فصاعدًا، يمكن للعلماء البدء في العمل على مستوى

أدنى من الكائن الحي كله، على مستوى الجينات - ما أصبح يعرف الآن باسم النمط الجيني.

كان اكتشاف بنية الحمض النووي نقطة تحول كبيرة في تاريخ البيولوجيا الحديثة. أظهرت أن علماء الأحياء يمكن أنْ يفهموا الأشياء من خلال الجزيئات في الخلايا، في السابق كان هذا مجال عمل الكيميائيين. أصبح الآن ما يريد فعله الجميع. وكشفت الأبحاث اللاحقة أن الأحماض الأمينية ثم البروتينات تصنع في السيتوبلازم في الخلية - الذي يمثل المادة السائلة خارج النواة. تعلُّم كيفية عمل هذا المصنع الصغير للبروتين شمل اكتشاف الحمض النووي الريبي. وهذا هو حمض الريبونوكلييك، على غرار الحمض النووي، ولكن مع خيط واحد فقط، وليس اثنين، ونوع مختلف من السكر. كان لحمض الريبونوكلييك دور مهم يلعبه في تدفق المعلومات من الحمض النووي في نواة الخلية إلى مصنع البروتين في السيتوبلازم.

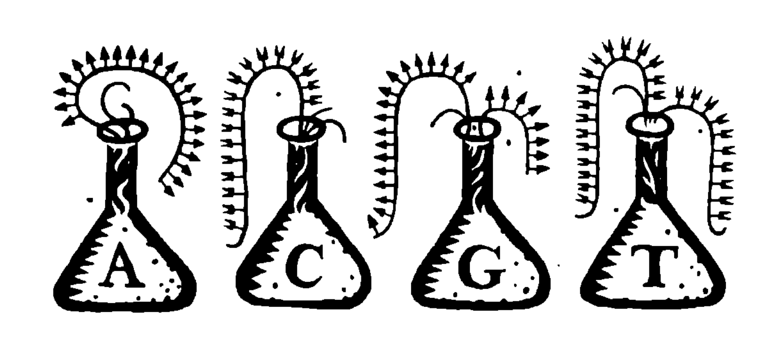
كان علماء البيولوجيا الجزيئية يغيرون معرفتنا بكيفية نشأة الأمراض. وكشف الباحثون عن كيفية عمل البروتينات مثل هرمون الأنسولين في تنظيم سكر الدم. لقد اكتسبوا فهمًا أفضل للسرطان، أحد أكثر الأمراض الحديثة التي نخافها. على الرغم من أن جميع أنواع السرطان يمكن أنْ تطغى على الجسم كله، وبالتالي تصبح مرضًا عامًا، فهي تبدأ بخلية متحولة واحدة، ذات سلوك مشوه ولا تتوقف عن الانقسام عندما يتعين عليها ذلك. هذه الخلايا الجامحة جشعة. فهي تستهلك مغذيات الجسم،

وإذا ما انتشرت في عضو حيوي، فإن هذه الخلايا السرطانية تعطل وظائفه، مما يؤدي إلى مزيد من المرض. كان اكتشاف كيفية حدوث ذلك على المستوى الجزيئي ضروريًا قبل تطوير أدوية أفضل لإبطاء العملية، أو حتى إيقافها.

من الصعب دراسة هذه العمليات الديناميكية في الحيوانات الكبيرة، مثل الحيوانات، حيث يعتمد الكثير من عمل علماء الأحياء الجزيئية على استخدام كائنات أبسط. تمّ إجراء الكثير من الأبحاث المبكرة حول الوظائف الفعلية للحمض النووي الريبي والحمض النووي الريبي مع البكتيريا، وتستخدم أبحاث السرطان حيوانات مثل الفئران. وتطبيق هذه النتائج على البشر ليست عملية سهلة، ولكن هذه هي الطريقة التي تعمل بها العلوم الحديثة: الانتقال من الأبسط إلى الأكثر تعقيدًا. ساعدتنا هذه الطريقة في فهم العمليات التي وجهت التطور لملايين السنين. اتضح أن الحمض النووي هو الجزيء الذي يتحكم في مصائرنا.



الفصل الثامن والثلاثون



قراءة كتاب الحياة مشروع الجينوم البشري

لدى البشر حوالي 22 ألف جين (أما تحديد العدد بالضبط فانه سيكون حدثًا ذا أهمية تاريخية كبيرة). كيف لنا أن نعرف هذا؟ لأن العلماء في المعامل في جميع أنحاء العالم تعاونوا في مشروع الجينوم البشري. قام هذا المشروع الطموح بشكل كبير بحساب جيناتنا باستخدام تسلسل الحمض النووي، وأجاب على سؤال تُرك بلا جواب منذ أن كشف كريك وواتسون عن بنية الحمض النووي. (التسلسل) يعني الموقع، على الكروموسومات، لكل واحد من الثلاثة مليارات من (القواعد الأساسية) للجزيئات التي تشكل الجينوم خاصتنا. هذا هو عدد ضخم من جزيئات الأدينين والثايمين والسيتوزين والجوانين مرتبة في حلزونها المزدوج في نواة كل خلية من خلايانا.

إذا كان فهمنا للحمض النووي قد أعطانا (سر الحياة)، فإن مشروع الجينوم البشري كان يدور حول قراءة (كتاب الحياة). لهذا فان ما يشير إليه جينومك، هو الجينات التي تكشف عن كل شيء عنك، من لون شعرك إلى شكل إصبع قدمك الصغير. كما إنه يتعلق بالأشياء التي لا يمكن رؤيتها بسهولة: التعليمات الخاصة بخلية بويضات مخصبة التي تنقسم وتصبح اثنتين وأربعة وهكذا إلى أن تصبح طفلاً كاملاً في الرحم. وهي تتحكم في البرامج البيولوجية في الخلايا التي تنتج بروتينات مثل هرمون الأنسولين لتنظيم سكر الدم لدينا. وهي تدير برامج للمواد الكيميائية في الدماغ التي تنقل الرسائل من عصب إلى آخر.

بدأ مشروع الجينوم البشري في عام 1990 وكان من المفترض الانتهاء منه بحلول عام 2005. ولكن في لحظة من الإثارة العلمية، في 26 حزيران عام 2000، أي قبل خمس سنوات من الموعد المحدد، حدث شيء غير عادي. ووسط ضجة كبيرة وفي بث تلفزيوني مباشر، أعلن رئيس الولايات المتحدة الأميركية ورئيس وزراء بريطانيا العظمى أن المرحلة الأولى من المشروع قد اكتملت. وكان بصحبتهم بعض العلماء الذين قاموا بالعمل، ولكن وجود هذين الزعيمين العالميين كان مؤشرًا على مدى أهمية فهم الجينوم.

سوف يستغرق الأمر ثلاث سنوات أخرى، حتى عام 2003، لإنتاج نسخة أفضل بكثير من كتاب الحياة هذا – سد الثغرات الكبيرة وتصحيح معظم الأخطاء. ومع ذلك، كان ذلك قبل

عامين من الموعد المخطط له أصلاً. وخلال سنوات المشروع، تقدمت أيضًا الأساليب والتقنيات التي استخدمها العلماء، وخاصة المساعدة المقدمة من أجهزة الكمبيوتر.

وقد تطوّر مشروع الجينوم من خلال عقود من الأبحاث التي أعقبت اكتشاف الحمض النووي. بعد اكتشاف كريك وواتسون في عام 1953، كان الشيء المهم القيام به هو استنساخ خيوط الحامض النووي، للحصول على المزيد من جزء معين من جزيء الحمض النووي الذي يراد البحث فيه. في الستينيات من القرن الماضي، توصل علماء البيولوجيا الجزيئية إلى أن هذا يمكن أنْ يتم باستخدام الإنزيمات والبكتيريا. الإنزيمات هي بروتينات يمكنها فعل كل أنواع الأشياء اعتمادًا على هيكلها الفردي. تمّ استخدامها هنا للقيام بإحدى وظائفهم الطبيعية: قطع الحمض النووي إلى أقسام صغيرة. ثم يتم إدخال هذه المقاطع الصغيرة في البكتيريا بطريقة خاصة. تتكاثر البكتيريا بسرعة كبيرة، ومع إعادة إنتاج هذه البكتيريا المعدلة، فإنها تكون أيضًا قد صنعت نسخًا من الأجزاء المضافة من الحمض النووي. ويمكن بعد ذلك جمع هذه النسخ، المستنسخة، لمزيد من البحث. لقد خلقت العملية الكثير من الإثارة ولكنها كانت مجرد بداية. وأصبح بالإمكان استنساخ الخلايا الكاملة وكذلك أجزاء من الحمض النووي. كانت النعجة المسمى (دولي) هي أول حيوان ثديي يتم استنساخه من خلية من الخراف البالغة. ولدت في عام 1996 وماتت في عام 2003. تستمر تقنيات الاستنساخ في التطوّر وهي

واحدة من أكثر المجالات التي تستحق الدراسة في مجال بحوث البيولوجيا الجزيئية.

والآن بعد أنْ كان لدى العلماء الكثير من أجزاء الـ (دي أن أي) لتجربتها، بدأوا في محاولة حل مشكلة تسلسل الحمض النووي: للكشف عن ترتيب أزواج القاعدة من الجزيئات في الحمض النووي. كانت هذه وظيفة عالم الأحياء الجزيئية الإنكليزي فريدريك سانجر (مواليد 1918)، حيث عمل في كامبردج. وقد سبق لسانجر أن فاز بأول جائزة نوبل له في عام 1958 عن عمله في ترتيب الأحماض الأمينية لبروتين الأنسولين.

أحد الاختلافات الرئيسة بين الأحماض الأمينية والحمض النووي هو أن جزيئات الحمض النووي تكون أطول كثيرًا، ولديها الكثير من أزواج القاعدة أكثر من البروتينات التي تحتوي على أحماض أمينية. كما أن كل حمض أميني أقل تشابهًا كيميائيًا، في حين أن قواعد الحمض النووي تشبه بعضها البعض، مما يجعل من الصعب فرزها. بناء على عمله الخاص في وقت سابق، وأعمال الآخرين، وجد سانجر طريقة لإعداد خيوط قصيرة من الحمض النووي باستخدام النشاط الإشعاعي والمواد الكيميائية والإنزيمات. قام بتكييف العديد من الطرق البيوكيميائية لإيجاد طريقة لفرز الأدينين والثايمين والسيتوزين والجوانين عن بعضها البعض. للقيام بذلك، استغل حقيقة إنها كمركبات كيميائية لديها خصائص كيميائية وفيزيائية مختلفة قليلاً. وجاءت أفضل النتائج مع عملية تسمى الاستشراد أوالرحلان الكهربائي

(هي عملية فصل البروتينات حسب خواص معينة على الهلام باستدراج البروتينات نحو أقطاب كهربائية تساعد على فصل البروتينات المعينة ضمن الهلام تحضيرًا لاستخدامات أخرى).

للتأكد من أن النتائج كانت دقيقة بما فيه الكفاية، عالج سانجر وفريقه نسخًا متعددة من كل خصلة عدة مرات وقارنوا النتائج. كانت عملية متكررة تستغرق وقتًا طويلاً جدًا. ولكن باستخدام الكثير من الخيوط القصيرة للجزيء الطويل ومن ثم النظر إلى حيث بدأوا وانتهوا، تمكنوا من مطابقة الخيوط وإنتاج تسلسل قابل للقراءة. في عام 1977 حققوا أول نجاح في قراءة جينوم لكائن حي. كان كائنًا بسيطًا عبارة عن، نوع من الجراثيم تسمى فاي 174.

والجراثيم هي الفيروسات التي تصيب البكتيريا، وكانت فاي 174 غالبًا ما تستخدم كأداة في مختبرات البيولوجيا الجزيئية. في عام 1980، فاز سانجر بجائزة نوبل الثانية له لهذا العمل القيم.

كانت أهداف الجينوم التالية أيضًا كائنات مختبرية. وعلى الرغم من مدى صعوبة إنتاج تسلسل DNA قابل للقراءة، استمر علماء البيولوجيا الجزيئية في أبحاثهم. وفي الوقت نفسه، فان الابتكارات في الحوسبة ساعدت في تحليل أنماط القواعد على الخيوط القصيرة. وكثّف العلماء من جهودهم بحرص شديد. وإذا استطاعوا أن يعرفوا بالضبط الجينات التي يمتلكها الكائن الحي، والبروتينات التي يمكن لكل جين تصنيعها، فسيكون بمقدورهم فهم أشياء أساسية للغاية حول كيفية صنع الكائن،

وكيف تتطور الخلايا حرفيًا خلية بعد خلية من البويضة المخصبة إلى خلية الكبار.

كانت ذبابة الفاكهة مرشحًا واضحًا لأبحاثهم. كان توماس هانت مورغان ومجموعته قد فعلوا الكثير بالفعل بشأن أنماط الوراثة، وبعض الخرائط الجينية الفوقية، قبل عام 1950. كانت هناك دودة صغيرة أخرى تسمى Caenorhabditis elegans.

وطولها ملليمتر واحد فقط، كانت تحتوي على 959 خلية فقط، بما في ذلك جهاز عصبي بسيط. قد لا تبدو الآن مثل الكثير من الحيوانات الأليفة، ولكنها. كانت حيوان المختبر المفضل للعالم سيدني برينر (ولد عام 1927)، وظلت هكذا لسنوات عديدة. كان برينر قد قدم من جنوب أفريقيا إلى مختبر البيولوجيا الجزيئية (LMB) في كامبردج في عام 1956. ومنذ الستينيات من القرن الماضي كان يبحث في تطورهذه الدودة، حيث كان من السهل رؤية خلاياها. واعتقد إنه سيكون من الممكن تحديد بالضبط ما ستصبح عليه كل خلية من الخلايا في جنين الدودة. وأعرب عن أمله في إنه إذا تمكن من الكشف عن جينوم الدودة، فسيكون قادرًا على ربط جيناتها بكيفية قيام الدودة البالغة بوظائفها الحياتية.

تعلّم برينر وفريقه في سياق عملهم أيضًا الكثير عن الحياة العادية للخلايا في الحيوان، بما في ذلك وظيفة مهمة جدا يجب على الخلية القيام بها: وهي أنْ تموت عندما يحين وقت الموت. دائمًا ما تقوم النباتات والحيوانات بصنع خلايا جديدة: فكر

في بشرتك وكيف تدلكها عندما تكون في الحمام لفترة طويلة. نحن نتخلص بهذا من الأشياء الميتة، لتحل محلها الخلايا الحية الجديدة الموجودة تحتها. تواجد الكائن الحي والمحتضر داخل الكائن الحي هو سمة طبيعية في عالم الطبيعة، والجينات هي من تبرمج هذه العملية. هذا هو السبب في أن الخلايا السرطانية خطرة للغاية: فهي لا تعرف متى يكون الوقت قد حان للموت. محاولة التأثير على الجين الذي فشل في إخبار الخلية بأن الوقت قد حان لوقف الانقسام هو جزء أساس من أبحاث السرطان الحديثة. وفاز برينر وزملاؤه بجائزة نوبل عام 2002 لعملهم مع الدودة المستديرة المنخفضة.

في هذا الوقت، كان أحد هؤلاء الزملاء، جون سولستون (مواليد 1942)، يقود الفريق البريطاني المشارك في مشروع الجينوم البشري يعتبر المشروع رمزًا للعلوم الحديثة. أولاً، لأنه كان باهظ الثمن وعمل الآلاف من الناس عليه. نادرًا ما يعمل العالِم في وقتنا المعاصر بمفرده، ومن الطبيعي جدًا اليوم أن يكون للأبحاث العلمية عشرات أو حتى مئات من المؤلفين. قد يتطلب العمل العديد من الأفراد ذوي المهارات المختلفة. لقد مرّ وقت طويل منذ أنْ عمل ويليام هارفي بمفرده على القلب، أو كان لافوازييه في مختبره وكانت زوجته هي مساعده الوحيد. عملت عدة مختبرات معًا على تسلسل الجينوم البشري. قاموا بتقسيم الكروموسومات بينهم، لذلك كان هناك حاجة إلى التعاون والثقة، وكان على كل مختبر أنْ ينتج التسلسل بنفس المعايير

العالية. وهذا يحتاج إلى العديد من الأجزاء الأصغر من الحمض النووي، ومن ثم تحليلها بالكمبيوتر ليلائمها معًا في تسلسل واحد. إدارة هذه المختبرات كانت مكلفة، لذلك كان هناك حاجة إلى تمويل سخي. في الولايات المتحدة، تم توفير التمويل من قبل المعامل التي تدعمها الحكومة في المعاهد الوطنية للصحة (NIH) وفي أماكن أخرى. في بريطانيا، تمّ التمويل في البداية عن طريق المنح الحكومية، ومن ثم عن طريق مؤسسة خيرية كبيرة للأبحاث الطبية، وهي مؤسسة Wellcome Trust التي دفعت تكاليف البحوث. قامت الحكومتان الفرنسية واليابانية بتمويل إنشاء مختبرات أصغر، مما جعل المشروع دوليًا بحق.

ثانيًا، سيكون المشروع - بل والعلم الحديث نفسه - مستحيلاً بدون الكمبيوتر. كان على العلماء تحليل كميات كبيرة من المعلومات عند مراقبة كل خيط من الحمض النووي، ومحاولة رؤية أين يبدأ وأين ينتهي. بالنسبة للبشر، سيكون الأمر مزعجًا، ولكن أجهزة الكمبيوتر تفعل ذلك بسرعة. تتضمن العديد من المشاريع العلمية الآن أشخاصًا لا ينكبّون إلّا على أجهزة الكمبيوتر وبرامج الكمبيوتر، وليس ذباب الفاكهة أو أنابيب الاختبار.

ثالثًا، العلم الحديث هو عمل تجاري كبير، لأنه يتطلب إنفاق الكثير من المال. أصبح مشروع الجينوم البشري سباقًا بين المجموعات الممولة من القطاع العام والشركة الخاصة التي أنشأها رائد الأعمال الأميركي كريج فينتر (ولد عام 1946). ساعد فينتر، وهو عالم موهوب، في تطوير بعض المعدات التي

يمكن أنْ تسرّع تسلسل الحمض النووي. أراد أنْ يكون أول من يفكّ شفرة الجينوم البشري، ويسجل براءة اختراع لاكتشافاته ويتقاضى أجورًا من العلماء وشركات الأدوية التي تستخدم معلوماته. كانت النتيجة النهائية حل وسط. الجينوم البشري كله أصبح متاحًا بحرية، ولكن بعض الطرق التي يمكن أنْ تكون هذه المعلومات يمكن الحصول عليها من خلال ترخيص براءة الاختراع، ويمكن بيع الأدوية أو الاختبارات التشخيصية الناتجة من هذه الأبحاث من أجل تحقيق الأرباح. وبالطبع، يدفع الناس اليوم تكاليف تسلسل الحمض النووي، على أمل أن يساعدهم ما يتعلمونه في الحفاظ على صحتهم وتجنب الأمراض التي قد تؤثر عليهم في المستقبل.

وأخيرًا، يمثل مشروع الجينوم مثالاً واضحًا على (الضجيج) المحيط بالعلوم المهمة اليوم. يتنافس العلماء للحصول على الأموال التي باتت نادرة، وفي بعض الأحيان يبالغون في أهمية أبحاثهم للحصول على منح مالية. يغطّي الصحفيون قصصهم، ويضيفون اللمعان الأكثر إثارةً عليها، لأن الأخبار العلمية العادية لا تمثل خبرًا جذابًا. كل إعلان جديد عن اكتشاف أو اختراق يرفع توقعات الجمهور بأن الشفاء أو العلاج أصبح قاب قوسين أو أدنى. ولكن في الغالب يستغرق العلم وقتًا أطول حتى تتحقق آثاره الدائمة. يتم الحصول على المعرفة الجديدة كل يوم، ويتم تقديم علاجات جديدة بانتظام. لكن معظم العلوم تتقدم شيئًا فشيئًا، ونادرًا ما تسلط عليها أضواء الدعاية الإعلامية.

ومع ذلك، فإن التمكن من قراءة الجينوم البشري يعتبر إنجازًا كبيرًا، لأنه يمكن أنْ يعطينا فهمًا أكثر دقة للصحة والمرض. وسوف يساعدنا مع الوقت على تطوير عقاقير جديدة ضد السرطان وأمراض القلب والسكري والخرف والأمراض القاتلة الأخرى في العصر الحديث. نحن جميعًا نعيش حياة أكثر صحة نتيجة لهذا العمل الهام الذي يشارك فيه علماء من اختصاصات مختلفة ومن العديد من بلدان العالم.



الفصل التاسع والثلاثون



الانفجار العظيم

إذا تمّ إنتاج فيلم عن تاريخ الكون، فماذا سيحدث إذا قمت بإرجاعه إلى الوراء؟ إذا رجعت حوالي خمسة مليارات عام، فإن كوكبنا حينها سيختفي، لأنك ستصل على الأرجح، إلى وقت تحطم نظامنا الشمسي. استمر في العودة إلى الوراء فماذا ستكتشف؟ الانفجار الكبير: انفجار قوي جدًا لدرجة أن حرارته وقوته لا تزال موجودة بعد 13,8 مليار سنة.

على الأقل هذا ما بدأ علماء يقترحونه بثقة متزايدة. في أربعينيات القرن الماضي كان الكون قد بدأ من نقطة، حالة كثيفة لا يمكن تصورها، ثم كان هناك الانفجار العظيم. منذ هذه اللحظة، ومن خلال عمليتي التبريد والتمدد، تمّ حمل المجرات إلى الخارج من هذه النقطة الأصلية. إن كوننا ديناميكي

ومثير، ونشكل فيه نحن أصغر البقع الصغيرة. فهو يتكون من النجوم والكواكب والمذنبات التي تشكل المجرات المرئية. هناك أيضًا مكونات كثيرة غير مرئية - مثل الثقوب السوداء و(المادة المظلمة) الأكثر وفرةً و(الطاقة المظلمة).

إذن، هل حدث الانفجار العظيم حقًا، وهل يمكن أن يفسر نشأة الكون؟ لم يكن هناك أحد بالطبع، يقوم بتصوير الحدث. ولكن ماذا حدث قبل الانفجار العظيم؟ هذه أسئلة من المستحيل الإجابة عنها بأي قدر من اليقين، ولكنها تنطوي على الكثير من جوانب الفيزياء المتطورة، وكذلك علم الكونيات (دراسة الكون). لقد أثارت الكثير من الجدل خلال نصف القرن الماضي أو نحو ذلك. ولا زالت تثيره في الوقت الحاضر.

في حوالي عام 1800، طوّر في فرنسا العالم لابلاس فكرته السماوية (الفصل 18). كان يهدف بشكل رئيس إلى القول بأن النظام الشمسي قد تطوّر من سحابة غاز عملاقة. مما أقنع الكثير من الناس أن الأرض لها تاريخ قديم، ويساعد على تفسير خصائصها، مثل سخونة مركزها، والأحفوريات المكتشفة والسمات الجيولوجية الأخرى. يجادل الكثير من العلماء في القرن التاسع عشر بحماس حول عمر الأرض ومجرتنا، درب التبانة. في العقود الأولى من القرن العشرين، غيّر تطوّران جذريًا تلك النقاشات.

الأول، كان ظهور نظرية آينشتاين العامة للنسبية، مع آثارها الهامة على الزمان والمكان (الفصل 32). من خلال الإصرار

على أن هذين الأمرين مرتبطان ارتباطًا وثيقًا، مما أوجد مفهوم (الزمكان)، أضاف آينشتاين بُعدًا جديدًا للكون. كما أشار عمل آينشتاين الرياضياتي إلى أن الفضاء منحني، بحيث لم تقدم هندسة إقليدس تمامًا تفسيرًا وافيًا للمسافات الشاسعة في الفضاء. في عالم إقليدس، تستمر الخطوط المتوازية إلى الأبد، ولا تتقاطع معها أبدًا. لكن هذا يفترض أن المساحة مسطحة. في عالم الإقليدسية المسطح، يكون مجموع زوايا المثلث دائماً 180 درجة. ولكن إذا كنت تقيس مثلثًا على الكرة الأرضية، بسطحه المنحني، فهذا الأمر لا يعمل. وإذا كانت المساحة نفسها منحنية، فنحن بحاجة إلى أشكال مختلفة من الرياضيات للتعامل معها.

وبقبولهم للحقيقة الأساسية لعمل آينشتاين اللامع، أصبح لدى الفيزيائيين وعلماء الكون بعض الأفكار الجديدة التي يعملون عليها. وفي حين أن الثورة التي أحدثها آينشتاين كانت نظرية إلى حد كبير، لم يكن التطور الرئيس الثاني في علم الكونيات علمًا نظريًا. فقد استند بقوة إلى الملاحظات العملية، لا سيِّما تلك الخاصة بالفلكي الأميركي إدوين هابل (1889 - 1953). احتفل هابل في عام 1990 عندما حمل مكوك فضائي يدور حول الأرض تلسكوبًا فضائيًا سميَّ باسمه. مرصد هابل وقد كشف التليسكوب حينها أكثر مما كشفه تلسكوب مرصد جبل ويلسون في كاليفورنيا، حيث كان يعمل. في عشرينيات القرن العشرين، رأى هابل أشياء أكثر من أي عالم فلكي آخر. وأظهر أن مجرتنا (درب التبانة) ليست حتى بداية نهاية الكون. إنها واحدة من

آلاف من المجرات الأخرى التي لا حصر لها، والتي تمتد إلى مسافات أبعد مما يمكن أنْ تصل إليه التلسكوبات.

وهناك أيضًا الرقم الخاص الذي يذكر علماء الكون بهابل انه، (الثابت)، الذي يرتبط باسمه. (قد يخطر على بالك ثابت بلانك، الذي كان فكرة مماثلة). عندما ينتقل الضوء بعيدًا عنا، فإنه ينقل طيف موجاته إلى الطرف الأحمر من الطيف المرئي. يسمى هذا (بالتحول الأحمر). إذا كانت تتحرك نحونا، فإن موجاتها تتغير نحو الطرف الآخر من الطيف، الذي يسمى (بالتحول الأزرق). هذا تأثير يمكن أنْ يقيسه علماء الفلك بسهولة، وينتج عن نفس الشيء الذي يجعل القطارات تبدو مختلفة عندما تقترب منك وعندما تبتعد عنك. ما شاهده هابل هو أن الضوء القادم من النجوم البعيدة لديه نوبات حمراء، وكلما ابتعد النجم، كلما كان التحول أكبر. وهذا كشف له أن النجوم تبتعد عنا، وكلما ابتعدت، كلما أسرعت في التحرك. ثم يتوسع الكون، ويبدو أنه يفعل ذلك بمعدل متزايد. قام هابل بقياس المسافة بين النجوم ومدى التحول الأحمر. كونت قياساته خطًا مستقيمًا عندما دونها على ورقة الرسم البياني. ومن هذه القياسات قام باحتساب (ثابت هابل)، الذي نشره في مقالة مهمة جدًا نشرها في عام 1929. أعطى هذا الرقم الاستثنائي علماء الكون طريقة لحساب عمر الكون.

تمّ إدخال تحسينات على ثابت هابل منذ ذلك الحين. وجدت الملاحظات الجديدة أن النجوم أكثر بعدًا، وأصبح بالإمكان الآن

إجراء قياسات أكثر دقة للتحول الأحمر. بعض هذه النجوم تبعد ملايين السنين الضوئية. والسنة ضوئية تبلغ ستة تريليونات ميل على سطح الأرض. لا يستغرق الأمر سوى ثماني دقائق لوصول أشعة الشمس إلى الأرض. وإذا ارتد شعاع الضوء مرة أخرى إلى الشمس، يمكن أن يحقق أكثر من 32 ألف رحلة عودة في السنة – وهذه طريقة أخرى لمحاولة تقدير المسافات الشاسعة المعنية. ومقدار كبير من الزمن. بعض ما نراه في سماء الليل هو الضوء الذي بدأ رحلته منذ فترة طويلة جدًا من النجوم التي كانت قد انقرضت في ذلك الحين. للحصول على قيمة دقيقة حقًا لثابت هابل، نحتاج إلى معرفة بالمسافة التي تبعد بها هذه النجوم والمجرات البعيدة عنا بالضبط. ولكن حتى مع هذه الصعوبات، فإن أهمية ثابت هابل هو إنه يستطيع أنْ يخبرنا عن المدة التي استغرقتها الرحلة. وهذا يدل على عمر الكون – بدءًا من الانفجار العظيم.

شاع مصطلح الانفجار العظيم في أربعينيات القرن العشرين على يد جورج جاموف (1904 – 1968). كان جاموف فيزيائيًا روسيًا مبدعًا، ذهب إلى أميركا في أوائل ثلاثينيات القرن العشرين. كان لديه عقل إبداعي رائع، وساهم بأفكاره في مجال البيولوجيا الجزيئية وكذلك الفيزياء والنظرية النسبية. واستكشف مع زميل له، على المستوى الجزئي، كيف تقوم نواة الذرة بإرسال الإلكترونات (جسيمات بيتا). وعلى المستوى الكلي، قام بالبحث في كيفية تشكل السديم – السحب العريضة من الجسيمات

الساخنة والغبار الكوني -. بدأت نظريته عن الانفجار العظيم، التي عمل بها منذ عام 1948 مع آخرين، مبنية على المعرفة بأصغر مكونات الذرات، مقترنة بنموذج لما كان يمكن أنْ يحدث عندما نشأ الكون.

أولاً مكونات الكون، وتشمل الجسيمات والقوى. في أواخر الأربعينات من القرن العشرين، أصبح هذا الجزء من الفيزياء يُطلق عليه اسم (الديناميكا الكهربائية الكمية) وتعرف اختصارًا (QED). وقد كان هناك رجل ساعد في جعلها مفهومه هو الفيزيائي الأميركي ريتشارد فاينمان (1918 - 1988). وكان مشهورًا بالمخططات التي كان يرسمها (في بعض الأحيان على المناديل الخاصة بالمطعم) لشرح نظرياته ومعادلاته الرياضياتية، وفي العزف على الطبل. حصل على جائزة نوبل في عام 1965، وفي المقام الأول لعمله على الديناميكا الكهربائية الكمية QED والتي قدمت الرياضيات المعقدة لوصف الجسيمات والقوى الأصغر التي سنبحثها فيما يلي.

بعد نهاية الحرب العالمية الثانية، واصل علماء فيزياء الجسيمات تسريع الذرات ثم الجسيمات بشكل متزايد في مسرعات الجسيمات القوية. يمكن للمسرعات تفتيت الذرات إلى جسيماتها دون الذرية، والتي تشبه عكس ما كان يمكن أنْ يحدث بعد لحظات قليلة من الانفجار العظيم. وبينما تبدأ عملية التبريد مباشرة بعد الانفجار العظيم، سيبدأ بناء المكونات الأساسية للمادة.

من الجسيمات ستنشأ الذرات ومن الذرات ستنشأ العناصر، وهكذا إلى أنْ نصل إلى الكواكب والنجوم.

كما تخبرنا معادلة آينشتاين $E = mc2$ الطاقة تساوي الكتلة مضروبة في مربع سرعة الضوء، يتم في السرعات الأعلى – سرعة الضوء تقريبًا – في داخل المسرعات تحويل الكتلة في الغالب إلى طاقة. وجد الفيزيائيون أن هذه الجسيمات السريعة جدًا تقوم ببعض الأشياء الرائعة. ينشأ الإلكترون من دون تغيير من المسرع ولا يتألف من أي شيء آخر. وهو جزء من عائلة من جسيمات القوة – الليبتون. يتحول البروتون والنيوترون إلى جسيمات أصغر تسمى الكواركات. هناك عدة أنواع. وكل نوع ينشأ حاملاً معه شحنة. يدمجون في ثلاثيات، ويشكلون نيوترون أو بروتون.

هناك أربعة قوى أساسية في الكون. إن فهم كيفية ارتباطها ببعضها البعض كان إحدى أهم المهام في القرن العشرين. الجاذبية هي الأضعف، ولكنها تعمل على مسافة غير محدودة. ما يزال الأمر غير مفهوم تمامًا، على الرغم من أننا كنا محتارين بشأنها منذ أيام تفاحة نيوتن. تشارك الكهرومغناطيسية في العديد من جوانب الطبيعة. إنها تحافظ على الإلكترونات في مداراتها في الذرة، و، كما يفعل الضوء، تجلب لنا الأخبار اليومية بأن الشمس ما تزال ساطعة. وأيضًا هناك في الذرة القوى النووية القوية والضعيفة. هذان يربطان الجسيمات داخل نواة الذرة.

وإذا تركنا جانبًا الجاذبية، فإن القوى الأخرى تعمل عن طريق تبادل جسيمات خاصة – ناقلات للقوة – تسمى البوزونات.

وتشمل هذه الفوتونات، وهي الكمات التي عبر فيها آينشتاين عن الضوء، وهو بوزون الكهرومغناطيسية. ومع ذلك، ربما يكون البوزون الأكثر شهرة هو: بوزون هيغز. لقد كان علماء فيزياء الجسيمات يبحثون عنه منذ الستينيات. يعتقد أن هذا البوزون يكون كتلة الجسيمات الأخرى. إن العثور عليه سيساعد في تفسير كيف اكتسبت الجسيمات كتلتها في أعقاب الانفجار العظيم مباشرة. في أكبر معجل للجسيمات في العالم، مصادم الهادرون الكبير وهو: (LHC) الذي يقع بالقرب من جنيف، سويسرا، يعتقد العلماء أنهم خطفوا لمحة عنه على أدواتهم في عام 2012. تمّ بناء المصادم بين عامي 1998 و2008 من قبل المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية (CERN) التي تأسست في عام 1954. كانت مؤسسة علمية تعاونية بين عدة دول أوروبية، نتيجة لارتفاع تكلفة أبحاث الفيزياء، والحاجة إلى العديد من العلماء، والفنيين، وموظفي الكمبيوتر لتنفيذ وتفسير هذه التجارب في أقصى حدود المادة والطاقة.

سيكون بوزون هيغز جزءًا مفيدًا للغاية (ولكن ليس الأخير) من اللغز الذي يُعرف بالنموذج القياسي، والذي يمثل كل شيء باستثناء الجاذبية. وسوف ينتقل النموذج القياسي المؤكد إلى (نظرية كل شيء)، ربما عن طريق نظرية الأوتار، وهو نهج لتحليل كل هذه القوى والجسيمات. تعتمد نظرية الأوتار على افتراض أن هذه القوى الهيكلية للطبيعة يمكن اعتبارها كما لو كانت سلاسل

اهتزازية أحادية البعد. وإنها تستخدم الرياضيات المعقدة للغاية. هذا العمل ما يزال علمًا في طور التكوين.

من الصعب ربط الكثير من فيزياء الجسيمات الدقيقة هذه بالعالم العادي الذي نعيش فيه. لكن العلماء يجدون المزيد والمزيد من الاستخدامات لها في الطاقة النووية، والتلفزيون، وأجهزة الكمبيوتر، والحوسبة الكمومية، ومعدات الفحص الطبي. وإلى جانب هذه الاستخدامات المهمة في حياتنا اليومية، هناك الكثير الذي يجب تعلمه أيضًا، حيث تمّ ابتكار فكرة الانفجار العظيم في ما أمكن رؤيته وليس من خلال رؤيته في المناطق البعيدة من الفضاء.

في العشرينيات من القرن العشرين، كان الفيزيائي الروسي ألكسندر فريدمان (1888 – 1925) واحدًا من أولئك الذين استوعبوا بسرعة نظرية آينشتاين العامة للنسبية في فهمه الرياضياتي الخاص للكون. قدمت معادلات فريدمان قواعد لكون متوسع. وتساءل فريدمان أيضًا إذا كان من المهم أنْ ننظر إلى النجوم من الأرض. إنه مكان خاص بالنسبة لنا، ولكن هل منحنا هذا مكانًا فريدًا لرؤية الكون؟ وكانت إجابته لا، الأمر لا يهم. فهذا هو المكان الذي وجدنا أنفسنا فيه. لن تبدو الأمور مختلفة إذا كنا على كوكب آخر، على بعد سنوات ضوئية. هذا هو ثابت فريدمان في علم الكون. وهو يعطينا فكرة أخرى مهمة: إن المادة موزعة بشكل متماثل في جميع أنحاء الكون. هناك اختلافات محلية، بالطبع – الأرض أكثر كثافة من الغلاف الجوي المحيط بها.

لكن يبدو أن المبدأ صحيح في جميع المجالات. اليوم، ما يزال علماء الكون يعتمدون في الكثير من استكشافاتهم على نماذج فريدمان. عليهم أيضًا التعامل مع أشياء غامضة مثل الثقوب السوداء والمادة المظلمة.

ناقش زميلان من الجمعية الملكية فكرة (النجم المظلم) في القرن الثامن عشر. وكان وصف مكافئه الحديث، وهو (الثقب الأسود) يعد عملاً رياضياتيًا عبقريًا حديثًا، كان هذان الزميلان هما روجر بنروز (مواليد 1931)، والمتخصص اللامع في الفيزياء النظرية، ستيفن هوكينج (مواليد 1942). شغل هوكينغ حتى تقاعده، وظيفة إسحاق نيوتن القديمة كأستاذ للرياضيات في جامعة كامبردج. شرح هذان الزميلان معًا كيف يمكن من السهل تخيل الثقوب السوداء، لكن بالطبع من المستحيل رؤيتها. ويرجع السبب في ذلك إلى وجود مناطق في الفضاء تقلصت فيها النجوم المحتضرة تدريجيًا. ومع ازدياد كثافة المواد المتبقية، تصبح قوى الجاذبية قوية لدرجة أن الفوتونات الضوئية تكون محاصرة ولا يمكنها الخروج.

هناك أيضًا الثقوب السوداء هائلة الحجم. في عام 2008، تم تأكيد وجود ثقب أسود عملاق، هو منطقة الرامي،(وهي عبارة عن منطقة لامعة ومصدر راديوي قوي جدًا تقع في مركز مجرة درب التبانة، وهي جزء من منطقة أكبر تسمى الرامي)، بعد ستة عشر عامًا من البحث في التلسكوبات في تشيلي، راقب الفلكيون بقيادة الألماني راينهارد جنزيل (مواليد 1952) أنماط النجوم التي

تدور حول الثقب الأسود في مركز المجرة. استخدموا قياسات ضوء الأشعة تحت الحمراء لأن هناك الكثير من الغبار الممتد بيننا وبين الثقب الأسود، الذي يبعد 27 ألف سنة ضوئية. قد تلعب هذه الثقوب السوداء الضخمة دورًا في تشكيل المجرات وتشرك جزءًا آخر من الفضاء لا يمكننا رؤيته مباشرة: هو المادة المظلمة. ويعتقد إن المادة المظلمة تمثل القسم الأكبر من الكون - 80 في المئة من مادته - بينما تمثل النجوم والكواكب المرئية إلى جانب الغازات والغبار الفضائي أربعة في المئة من مادته. تمّ أخذْ المادة المظلمة في الاعتبار لأول مرة في ثلاثينيات القرن العشرين، لشرح السبب في أن أجزاء كبيرة من الكون لم تتصرف تمامًا كما كان متوقعًا منها. لقد أدرك العلماء أن هناك اختلافًا بين كتلة الأجزاء المرئية وآثارها التثاقلية: هناك شيء ما مفقود. في سبعينيات القرن العشرين، رسم الفلكي فيرا روبن (ولد عام 1928) مخططًا يبين فيه كيف تتحرك النجوم السريعة على حافة المجرات. كانت تتحرك بشكل أسرع مما يجب. كان يُعتقد تقليديًا إنه كلما ابتعدت عن مركز المجرة، سيكون دورانها أبطأ. ستوفر المادة المظلمة الجاذبية الإضافية اللازمة لتسريع النجوم. لذلك تم تقديم دليل غير مباشر على وجود المادة المظلمة وتمّ قبوله بشكل عام. لكن ما هي المادة المظلمة كان هو اللغز الذي يحتاج إلى تفسير. إنها شيء ما آخر يمكن العثور عليه أو دحضه في المستقبل.

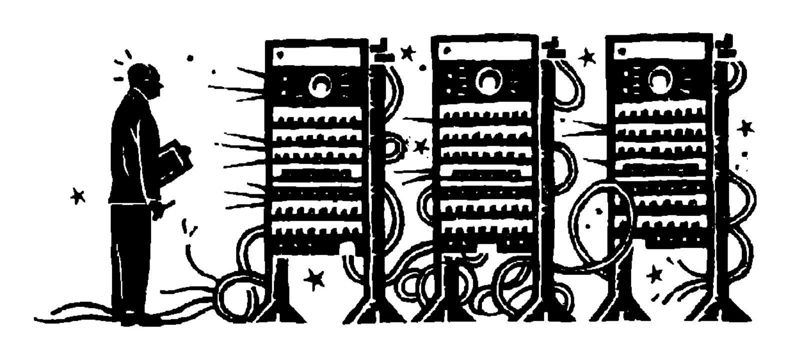
لقد نشأ علم الكونيات الحديث من نظريات آينشتاين، من آلاف إلى آلاف من الملاحظات، مع أجهزة الكمبيوتر التي تقوم تحليل البيانات، ومن فكرة غاموف عن الانفجار العظيم فكرة الانفجار العظيم منذ زمن غاموف. مثل أي نظرية جيدة في العلوم، تغيرت في الواقع، وعلى مدى عقدين من الزمن بعد طرحها عام 1948، لم يكن الفيزيائيون يهتمون بأصول الكون. كان على الانفجار العظيم أنْ يتعامل مع نموذج آخر للكون، يدعى (الحالة المستقرة)، وهو النموذج الأكثر ارتباطًا بالفلكي فريد هويل (1915 - 2001).

حظي هذا النموذج ببعض الدعم في الخمسينيات. فاقترح وجود الكون اللا متناهي، مع الخلق المتواصل للمادة الجديدة. في هذا الوضع، ليس للكون بداية ولا نهاية. كانت هناك العديد من الصعوبات في فكرة الحالة المستقرة بحيث كان لديها حياة علمية قصيرة لدى الفيزيائيين الآن معلومات حول الجسيمات والقوى قصيرة العمر التي تمّ جمعها في مسرعات الجسيمات. لديهم ملاحظات عن أماكن في أقاصي الفضاء. لقد تمكنوا من صقل ما نعرفه عن الانفجار العظيم. ما يزال هناك الكثير من الاختلاف حول التفاصيل، وحتى حول بعض المبادئ الأساسية، ولكن هذا ليس أمرًا غير معتاد في العلوم. يمكن أنْ يكون نموذج الانفجار العظيم معقولاً من نواحي عديدة بسبب ما يمكن قياسه الآن، بما في ذلك التحولات الحمراء للنجوم البعيدة والإشعاع الكوني الخلفي والقوى الذرية الأساسية. فهي يمكن أنْ تأوي

الثقوب السوداء والمادة المظلمة. ما لا يفعله هذا النموذج هو أن يخبرنا السبب وراء حدوث الانفجار العظيم. لكن، عندئذ، سيتعامل العلم مع الكيفية، وليس السبب. وكما هو الحال في جميع فروع العلوم، فإن بعض الفيزيائيين وعلماء الكون لديهم معتقدات دينية، بينما لا يؤمن بها آخرون. وهكذا يجب أنْ يكون الأمر عليه. أنْ يتم القيام بأفضل الاكتشافات العلمية في جو من التسامح.



الفصل الأربعون



العلم في عصرنا الرقمي

في المرة التالية التي تقوم فيها بتشغيل جهاز الحاسوب الخاص بك، ربما لن (تحسب). شيئا يمكنك البحث عن شيء ما أو إرسال بريد إلكتروني إلى أصدقائك أو التحقق من أحدث نتيجة لمباراة في كرة القدم. لكن أجهزة الحاسوب كانت في الأصل آلات يمكنها أن تعد وتحسب - الأشياء - أسرع أو أكثر دقة مما تستطيع أدمغتنا.

كلنا يعتقد أن أجهزة الحاسوب أي الكمبيوتر هي من أحدث التقنيات، ولكن فكرة الكمبيوتر قديمة جدًا. في القرن التاسع عشر، ابتكر عالم رياضيات بريطاني، يدعى تشارلز بابيج (1792 - 1871)، آلة حوسبة يمكن (برمجتها) للقيام بعدة حيل. على سبيل المثال، يمكنه إعدادها لتقوم بعد الأرقام

الفردية إلى الرقم 1 000,000 ثم عندما تصل إلى هناك، تنتقل إلى الرقم 1,000,002 أي شخص كان قد شاهده يحسب بصبر إلى أن يصل إلى الرقم 1,000,000 سوف يفاجأ بالرقم المفقود. كانت موضوعة بابيج المهمة أن جهازه يمكنه فعل أشياء لا نتوقعها في المسار العادي للطبيعة.

في أواخر القرن التاسع عشر، اخترع عالم الرياضيات الأمريكي هيرمان هوليريث (1860 - 1929) آلة كهربائية تستخدم البطاقات المثقوبة لتحليل الكثير من البيانات. إذا تم تثقيب البطاقات بشكل صحيح وإدخالها في الآلة، فيمكن أنْ (تقرأها) وتعالج المعلومات. كانت آلة هوليريث مفيدة جدًا في تحليل المعلومات التي تفيد بأن الناس يضعون نماذج التعداد الخاصة بهم، والتي تمّ جمعها لمساعدة الحكومة على فهم المزيد عن حالة السكان، ويمكن لها أن تحسب البيانات الأساسية مثل مقدار ما يكسبه الناس، وعدد الأشخاص الذين يعيشون في كل أسرة، وأعمارهم وجنسهم. بسرعة كبيرة، بقيت البطاقة المثقوبة هي الطريقة التي تعمل بها معظم أجهزة الكمبيوتر حتى الحرب العالمية الثانية.

خلال تلك الحرب، أخذت أجهزة الكمبيوتر دورها الخاص في الأغراض العسكرية. فكان بإمكانها أنْ تحسب إلى أي مدى يمكن أنْ تصل القذائف، وكان لها دور أكثر دراماتيكية في المحاولات شديدة السرية لفك شفرة رسائل العدو. لقد طوّر الألمان والبريطانيون والأميركيون أجهزة كمبيوتر للمساعدة

في توفير الأمن في زمن الحرب. ونجد هنا مفارقة رائعة: لقد فتح الكمبيوتر الحديث العالم أمام الجميع، لكنه بدأ كشيء لا يستطيع سوى عدد قليل جدًا من الناس، مع أعلى تصريح أمني، الوصول إليه.

استخدم البريطانيون والأميركيون أجهزة الكمبيوتر لتحليل الرسائل الألمانية المشفرة. وفي قلب الجهد البريطاني لكسر الشفرات الألمانية كان هناك منزل ريفي قديم يدعى حديقة بلتشلي يقع في باكينجهامشير. استخدم الألمان جهازين لصنع الرموز (الشفرات)، هما اينيجما ولورينز Enigma وLorenz كان يتم تغيير الرموز يوميًا، والتي تتطلب قدرة كبيرة على التكيف من آلات فك التشفير. صمم البريطانيون اثنين من آلات فك الشفرة، بومبي وكولوساس Bombe وColossus.

كان اسم كولوساس اسم عريق (تعني الكلمة شيئا ضخما)، لأن هذه الحواسيب كانت آلات ضخمة، تملأ غرفًا كاملة وتستهلك كميات كبيرة من الكهرباء. استخدمت أجهزة الكمبيوتر سلسلة من الأنابيب المفرغة لتبديل الإشارات الكهربائية. كانت هذه الأنابيب تولد قدرًا كبيرًا من الحرارة وتتعطل باستمرار. كانت هناك ممرات واسعة تفصل بين صفوف الأنابيب بحيث يمكن للفنيين بسهولة استبدال الأسلاك المحترقة. في تلك الأيام، لم يكن (تصحيح الأخطاء) يعني تشغيل برنامج حاسوبي، بل كان يعني القضاء على الحشرات - مثل العث أو الذباب - التي دخلت في أنبوب الزجاج الساخن وعطلت النظام. لقد قصرت

هذه الأجهزة من مدة الحربَ، ومما لا شك فيه إنها ساعدت الحلفاء على كسبها.

كان يعمل في ذلك المنزل الريفي (حديقة بيتشلي) عالم رياضيات رائع يدعى آلان تورينغ (1912 – 1954) تلقى تعليمه في كليتي القديمة (يقصد المؤلف كليته هو) في كامبردج، وهي كلية كينغز، حيث تمّ التعرف على تألقه كطالب هناك في أوائل ثلاثينيات القرن العشرين نشر تورينغ أفكارًا مهمة حول رياضيات الكمبيوتر، وكان عمله في ذلك المنزل رائعًا بعد الحرب واصل تطوير أفكاره. كان لديه رؤى عظيمة حول العلاقة بين طريقة عمل الحاسوب وطريقة عمل أدمغتنا. و(الذكاء الاصطناعي)؛ حتى أنه قام بتطوير آلة يمكنها لعب الشطرنج. ولكن ما يزال كبار أساتذة الشطرنج يتغلبون عادةً على الكمبيوتر، ولكن الآلات تواصل تحسين قدرتها في اتخاذ أفضل حركة. طور تورينغ حاسوب إلكتروني بسيط يدعى ACE في المختبر الفيزيائي الوطني في تدينجتون، في لندن. كان لديه قدرة أكبر على الحوسبة. كانت نهاية حياته مأساوية. فقد كان مثلي الجنس في وقت كان فيه ممارسة الشذوذ الجنسي غير قانوني في بريطانيا. وبعد أن اعتقلته الشرطة، خضع للعلاج بالهرمونات الجنسية من أجل (علاج) ميوله الجنسية. يكاد يكون من المؤكد إنه انتحر عن طريق تناوله تفاحة مضافًا إليها سم الاستيريشينين. إن حياته وموته هما تذكيران بأن العلماء البارزين يمكن أن يكونوا أي شخص من أي عرق أو جنس أو دين أو خيار جنسي.

كانت الآلات الضخمة التي بنيت خلال الحرب ذات قيمة، ولكنها كانت محدودة بسبب تلك الصمامات التي تسخن بشكل كبير. ثم جاء بعد ذلك اختراع غيّر الكمبيوتر إلى حد بعيد للغاية: انه الترانزستور. الذي تم تطويره في أواخر عام 1947 بواسطة جون باردين (1908 – 1891)، وولتر براتين (1902 – 1987) وويليام شوكلي (1910 – 1989)، يستطيع هذا الجهاز تضخيم وتحويل الإشارات الإلكترونية. كانت الترانزستورات أصغر بكثير من الأنابيب المفرغة، وتولد حرارة أقل بكثير. لقد جعل الترانزستور جميع أنواع الأجهزة الكهربائية، مثل أجهزة الراديو، أصغر بكثير وأكثر كفاءة. تشارك هولاء الرجال الثلاثة في نيل جائزة نوبل في الفيزياء عن عملهم هذا، ومضى باردين إلى أبعد من ذلك حينما فاز بجائزة نوبل أخرى عن بحثه حول (شبه الموصلات)، وهي المادة التي جعلت الترانزستورات والدوائر الحديثة ممكنة.

استمر الجيش في تطوير الحوسبة خلال الحرب الباردة من عام 1945 إلى عام 1991. لم تثق الدولتان العظميان والعظيمتان، الولايات المتحدة الأميركية والاتحاد السوفياتي، في بعضهما البعض، على الرغم من كونهما كانا حليفين خلال الحرب العالمية الثانية. تمّ استخدام أجهزة الكمبيوتر لتحليل البيانات التي كان يجمعها كل بلد حول أنشطة البلد الآخر. لكن أجهزة الكمبيوتر ذات القوالب القوية بشكل متزايد كانت مساعدة عظيمة للعلماء أيضًا. قام الفيزيائيون بأكبر استخدام لهذه الآلات الجديدة وأدخلوا

تحسينات عليها خلال ستينيات القرن الماضي. لقد أنجز مسرع الجسيمات ذات الطاقة العالية الكثير من البيانات لدرجة إنه كان من المستحيل على جيش من الناس يستخدم أقلام الرصاص والورق أنْ يفهموا كل ذلك.

أصبح علماء الكمبيوتر أكثر فأكثر أعضاءً في مجاميع من الفرق العلمية، وشملت الميزانيات البحثية رواتبهم ومعداتهم. لذلك كان من المنطقي جدا أنْ يتكلم فريق ما مع فريق آخر ليس كشخص إلى شخص لآخر، ولكن من جهاز كمبيوتر إلى آخر. بعد كل شيء، تمّ اختراع الهاتف منذ قرن، وكان إرسال الرسائل عبر أسلاك التلغراف أقدم من ذلك بكثير. بعد ذلك، في أوائل الستينيات، من القرن الماضي تمّ اختراع (تبديل الحزمة). أصبح بالإمكان تقسيم الرسائل الرقمية إلى وحدات أصغر، وسوف تنتقل كل وحدة بالطريق الأسهل، ثم يتم إعادة تجميعها في نقطة الوصول التي تمثل وجهتها، أي شاشة الكمبيوتر المستقبِلة. عندما تتحدث على خط أرضي، فأنت تتحدد تماماً بتلك المكالمة، ولا يمكن لأي شخص آخر الاتصال بك. ولكن يمكنك إرسال أو استلام رسالة على جهاز كمبيوتر - بريد إلكتروني أو مشاركة على موقع ويب - وستكون متاحة متى ما يريد الشخص قراءتها.

تمّ تطوير حزمة التحويل في وقت واحد في الولايات المتحدة الأميركية والمملكة المتحدة. وكميزة للأمن القومي، سمحت للقيادات العسكرية أو السياسية بالتواصل فيما بينها، وستعمل

حتى لو تمّ تدمير بعض مرافق الاتصالات. جعل تبديل الحزم من السهل توصيل مجموعات من أجهزة الكمبيوتر: وهو ما يسمى بالربط الشبكي بينها. ومرة أخرى، كانت أولى المجموعات غير العسكرية التي قامت بالتواصل هي العلماء. استفادت العلوم الحديثة كثيرًا من هذا التعاون. كانت المجتمعات الأكاديمية هي المستفيد الرئيس من الحواسيب الأصغر والأسرع من أي وقت مضى منذ الستينيات. كانت كبيرة للغاية وبطيئة للغاية ومكلفة للغاية مقارنة بما نستخدمه اليوم. ولكنك ستشعر بالارتياح لمعرفة إنه من الممكن ممارسة ألعاب الكمبيوتر حتى ذلك الحين، لذلك بدأت المتعة في وقت مبكر. تسارعت وتيرة التغييرات في الحوسبة في السبعينيات.

أجهزة الكمبيوتر - أو الحواسيب الصغيرة، كما كانت تسمى - التي تحوي على شاشة ولوحة مفاتيح أصبحت صغيرة بما يكفي لتناسب المكتب. كما أصبحت رقائق المعالجات الدقيقة الموجودة فيها أكثر قوة لقد بدأت ثورة الكمبيوتر الشخصي. وتمّ إجراء الكثير من الأبحاث في وادي السيليكون في كاليفورنيا في الولايات المتحدة الأميركية.

واصلت أجهزة الكمبيوتر تغيير الطريقة التي تعمل بها المجتمعات الأكاديمية وتتواصل مع بعضها البعض. عملت واحدة من أكبر مجموعات علماء الفيزياء في العالم في المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية (CERN) التي تضم مصادم الهادرون الكبير، أسرع مسرّع للجسيمات في العالم (الفصل 39). أوصل

خبراء الكمبيوتر في CERN الشبكات وتحليل البيانات إلى آفاق جديدة في ثمانينيات وتسعينيات القرن العشرين.

كان أحد هولاء الخبراء هو تيم بيرنرز لي (ولد في 1955). كان بيرنرز لي دائما مفتونًا بالكمبيوترات. فقد نشأ معها، حيث كان كل من والديه من أوائل رواد الكمبيوتر. درس بيرنرز لي الفيزياء في جامعة أكسفورد ثم ذهب للعمل في CERN في عام 1989، طلب منه القيام ببعض البحوث الممولة لـ (إدارة المعلومات). وقدم له رؤساءه في CERN بعض المساعدة، لكنه أصرّ على فكرته في جعل كميات متزايدة من المعلومات المتاحة على الإنترنت سهلة الوصول لأي شخص لديه جهاز كمبيوتر وخط هاتف. وجنبًا إلى جنب مع زميله روبرت كايلياو (ولد عام 1947)، اخترع الشبكة العالمية للإنترنت. في البداية كانت تستخدم فقط CERN في وواحد أو اثنين آخرين من مختبرات الفيزياء. بعد ذلك، في عام 1993 تمّ الإعلان عنها. تزامن هذا مع النمو الهائل لاعداد الحواسيب الشخصية ليس فقط في العمل ولكن في المنزل. الأشخاص الذين قادوا ثورة الكمبيوتر الشخصي، مثل بيل غيتس مخترع مايكروسوفت (ولد في 1955) وستيف جوبز (1955 – 2011) مخترع أبل هم أبطال علميون حديثون (وأصبحوا أثرياء جدا). لذلك، تبين أن عام 1955 كان عامًا جيدًا لأجهزة الكمبيوتر: فقد ولد بيرنرز – لي وغيتس وجوبز في ذلك الوقت.

تطابقت سرعة تطوير الكمبيوتر منذ سبعينيات القرن الماضي مع تسارع وتيرة اختراع طرق لتسلسل الجينوم. ليس من قبيل المصادفة أن الحدثين حدثا في نفس الوقت. فالعلم الحديث لا يمكن تصوره بدون الكمبيوتر الحديث. العديد من المشاكل العلمية الأساسية، من تكوين عقاقير جديدة إلى نمذجة تغير المناخ، تعتمد على هذه الآلات. في المنزل، نستخدمها للقيام بالواجبات المنزلية، وحجز تذاكر السفر في العطلات، وممارسة ألعاب الكمبيوتر. تقوم أنظمة الكمبيوتر المدمجة بتسيير طائراتنا، وتساعد في التصوير الطبي، وتغسل ملابسنا. ومثل العلوم الحديثة، فإن الحياة الحديثة تعتمد على الكمبيوتر.

لا ينبغي أنْ نفاجأ بذلك. أحد الأشياء التي حاولت إظهارها في هذا الكتاب الصغير هو أنه في أي لحظة من التاريخ، كان العلم نتاجًا لتلك اللحظة بالذات. كانت لحظة أبقراط مختلفة عن غاليليو أو لافوازييه. كانوا يرتدون ملابسهم ويأكلون مثل الآخرين في ذلك الوقت. كان الأشخاص في هذا الكتاب يفكرون بحدة أكثر من معظم معاصريهم، وكانوا قادرين على إيصال أفكارهم. هذا هو السبب في أن ما يفكرون به وما كتبوه يستحق الذكر.

ومع ذلك، فإن العلم في وقتنا الحاضر هو أقوى من أي وقت مضى. أجهزة الكمبيوتر مفيدة للمجرمين والمتسللين كما هي مفيدة للعلماء والطلاب. يمكن إساءة استخدام العلم والتكنولوجيا بنفس السهولة التي يمكن استخدامها من أجل

مصالحنا المشتركة. نحن بحاجة إلى علماء جيدين، ولكننا أيضًا بحاجة إلى مواطنين صالحين يضمنون لنا أن علمنا سيجعل العالم مكانا أفضل لنعيش فيه جميعًا.





ويليام بينوم

هو الأستاذ الفخري لتاريخ العلم في جامعة لندن. ولـه مؤلفـات كثيرة، منها: الاختراعـات العظيمة فـي العلـم (٢٠١١)، وقامـوس تاريـخ العلـم (١٩٨١).



يبدأ هذا الكتاب مع البابليين وينتهي مع شبكة المعلومات العالمية، نجح مؤلف الكتاب في أن يشرح بشكل مختصر جميع الأفكار والاكتشافات العلمية الأساسية تقريباً واستطاع في ذات الوقت من القيام بمناقشة حقول العلم الرئيسية... أنا سعيد أن أعترف بأنني تعلمت منه الكثير.

أندرو روبنسون من مجلة العالم الجديد

كتاب ضخم جداً يروي قصة العلم للكبار والأطفال الأكبر سناً... تكمن حيوية هذا الكتاب في قسم كبير منها... في النثر السلس للمؤلف والتأثير الفعلي لقصته التي استطاعت... نقل الطبيعة الإنسانية الخالصة للعلم. ورغم أن عنوانه مختصر تاريخ العلم إلّا أنه يقدم (سرداً تاريخياً واسعاً).

آلان هيرشفيلد من صحيفة وول ستريت جورنال

يدعوك هذا الكتاب إلى أن تتصور كيف كان عمل العلماء شاقاً وصعباً... ويجعلك تتسامح مع الأخطاء التي وقعت على مر تاريخه، كل ذلك من خلال أسلوبه الطريف والمرح.

ستيفن بول من صحيفة الغارديان

كتاب غني بالأفكار مكتوب بأسلوب أنيق ورغم انه يأخذ في الاعتبار القارئ الأصغر سناً، إلّا أنه يذكر كل شخص بالرحلة غير العادية التي قطعها الإنسان من الجهل إلى المعرفة.

دالاس كامبل مقدم برامج في البي بي سي

هذا الكتاب واحد من تلك الأدلة الرائعة التي تبرهن على أن من المهم أن ننمي روح البحث والتساؤل بدلاً من تقديم إجابات محددة.

باتريشيا فارا رئيسة الجمعية البريطانية لتاريخ العلوم في مجلة التاريخ


ISBN ٩٧٨-٩٩٢٢-٦٠١-٦٨-٧
9789922601687



